

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
Машинобудівний факультет
Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка

Доброскок В.Л.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

з дисципліни «Робочі процеси сучасних технологічних систем»

Харків

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы являются частью компьютерного учебно-методического комплекса — информационная система по учебным курсам.

Информационная система выполнена в виде автономной программы и не нуждается в инсталляции. Операционная система — Windows. Каталог расположения (по умолчанию): d:\Vfp50_D_Out_User.

Запуск информационной системы: *\\0_VFP9\\Учебные_курсы.cmd.

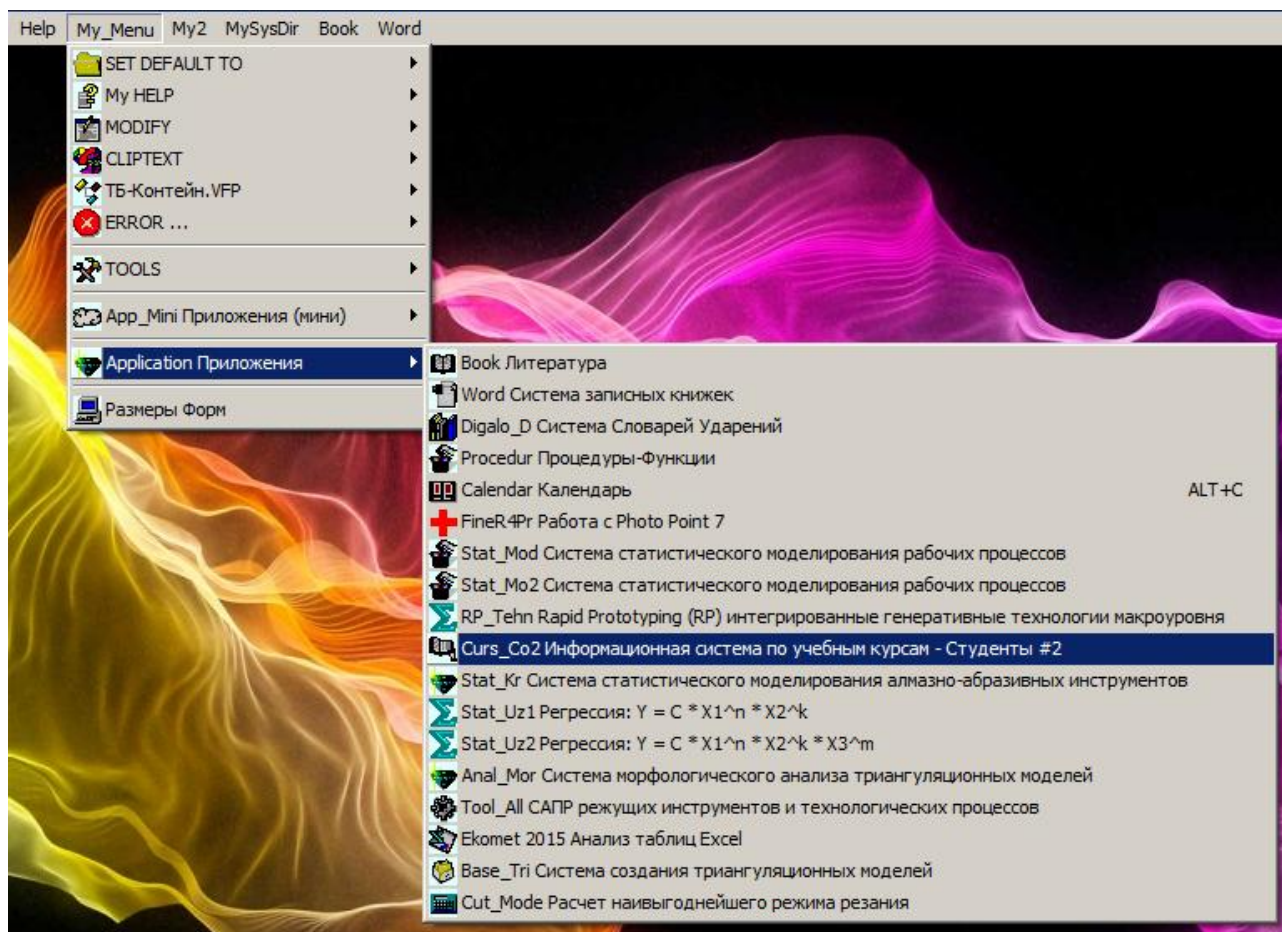


Рисунок В.1 – Запуск информационной системы по учебным курсам

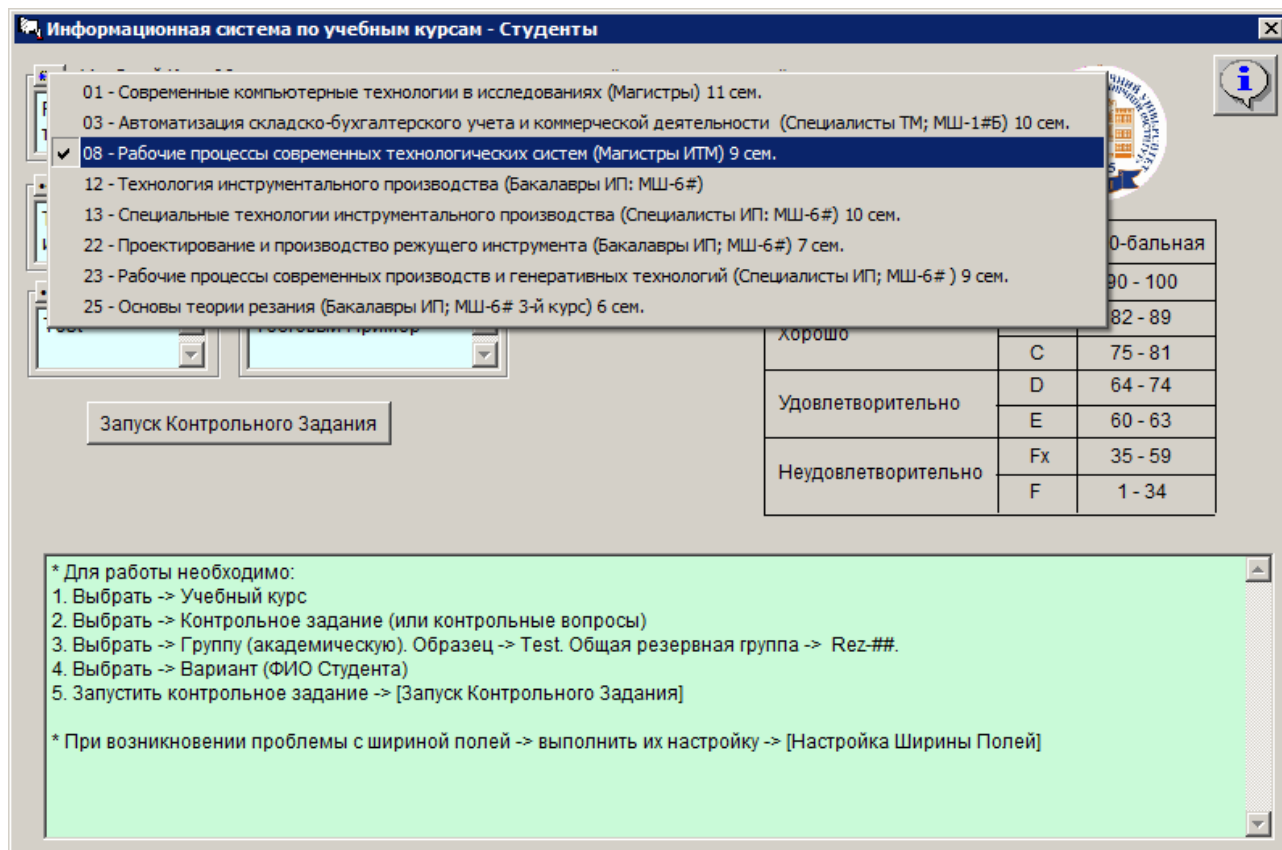


Рисунок В.2 – Выбор учебного курса

Лабораторная работа № 1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИЕЙ

Цель работы: изучить особенности изготовления изделий лазерной стереолитографией и расчета технологического времени.

Экранная форма контрольного задания представлена на рис. 1.1.

Информационная система по учебным курсам - Студенты

Учебный Курс 08
Рабочие процессы современных технологических систем (Магистры ИТМ) 9

Контрольное Задание 01
Технологическое время изготовления изделий лазерной стереолитографией

Группа 01
Test

Вариант 01
Тестовый Пример

Настройка Ширины Полей
0.52 Par 123
0.52 Rez 123

Национальная	EKTS	100-бальная
Отлично	A	90 - 100
Хорошо	B	82 - 89
	C	75 - 81
Удовлетворительно	D	64 - 74
	E	60 - 63
Неудовлетворительно	Fx	35 - 59
	F	1 - 34

[Запуск Контрольного Задания](#)

* Для работы необходимо:
1. Выбрать -> Учебный курс
2. Выбрать -> Контрольное задание (или контрольные вопросы)
3. Выбрать -> Группу (академическую). Образец -> Test. Общая резервная группа -> Rez-##.
4. Выбрать -> Вариант (ФИО Студента)
5. Запустить контрольное задание -> [Запуск Контрольного Задания]
* При возникновении проблемы с шириной полей -> выполнить их настройку -> [Настройка Ширины Полей]

Рисунок 1.1 – Учебный курс и контрольное задание

Исходные данные и результаты расчетов представлены на рис. 1.2.

Неправильные результаты будут выделены красным цветом.

При выполнении работы использовать следующую литературу:

1. Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления. Монография. — 2-е изд., перераб. и доп. / Товажнянский Л.Л., Грабченко А.И., Чернышов С.И., Вerezуб Н.В., Витязев Ю.Б., Доброскок В.Л., Кнут Х., Лиерат Ф. / Под. ред. Товажнянского Л.Л., Грабченко А.И. - Х.: ОАО «Модель Вселенной», 2005. — 224 с.

2. *\\Curs_Co2\\0_Docs_Stu\\RP_01.doc.

Рабочие процессы современных технологических систем (Магистры ИТМ) 9 сем.

Технологическое время изготовления изделий лазерной стереолитографией

Параметры процесса

DL	0.256	Vng	16
VL	4999	Kng	2
S	111880	Vpl	3
Kzro	0.4	Tvbaz	8
Kyro	1.1	H	320
hc	0.05	Kzoo	0.3
Kpl	5	Ho	13
Kplo	3	Hrhoi	14
Lpp	12	Tvoi	16

Технологическое время

детали	опоры
Tf_i	Tfo_i
Tn_i	Tpo_i
Tp_i	Tvoi
Tv_i	To_i
Tc_i	No
Nc	To
Tc	
Ti	

Основная литература:
[1894] Интегрированные технологии ускоренного прототипирования и изготовления. Монография. - 2-е изд., перераб. и доп. / Товажнянский Л.Л., Грабченко А.И., Чернышов С.И., Вerezуб Н.В., Витязев Ю.Б., Доброскок В.Л., Кнут Х., Лиерат Ф. / Под. ред. Товажнянского Л.Л., Грабченко А.И. - Х.: ОАО "Модель Вселенной". 2005. - 224 с.

Test №01 Тестовый Пример

Рисунок 1.2 – Исходные данные и результаты расчетов

Пример расчетов в математическом пакете Maple

Технологическое время изготовления изделий лазерной стереолитографией

```
> restart;
```

```
> with(student): with(plots):
```

```
Warning, the name changecoords has been redefined
```

Параметры

[DL] - диаметр пятна лазерного луча на поверхности фотополимера 0,23-0,26 мм

[VL] - скорость луча лазера 5000 мм/с

[S] - площадь рабочей области занимаемой деталями, мм².

[Kzro] - коэффициент заполнения рабочей области деталями

[Kyro] - коэффициент формы рабочей области по оси Y

[hc] - толщина фотополимеризуемого слоя 0,025 - 0,2 мм

[Kpl] - коэффициент проходов луча при построении детали 5-11

[Kplo] - коэффициент проходов луча при построении опор

[Lpp] - длина подвода и перебега выравнивающего ножа, мм

[Vng] - скорость движения выравнивающего ножа, мм/с

[Kng] - коэффициент числа проходов выравнивающего ножа

[Vpl] - скорость опускания рабочей платформы, мм/с

[Tvbaz] - базовое время выдержки, с

[H] - исходная высота изделия, мм

[Kzoo] - коэффициент заполнения опор

[Ho] - высота опор, мм

[Hproi] - глубина погружения платформы при построении опор, мм

[Tvoi] - время выдержки при построении опор, с

Характеристики технологического процесса

[Tc_i] - время построения 1-го слоя детали ($Tc_i = Tf_i + Tn_i + Tr_i + Tv_i$)

[Tf_i] - время формообразования 1-го слоя детали

[Tn_i] - время работы выравнивающего ножа для 1-го слоя детали

[Tr_i] - время опускания платформы для 1-го слоя детали

[Tv_i] - время выдержки для 1-го слоя детали

[Tc] - время построения детали (без опор)

[To_i] - время построения 1-го слоя опор ($To_i = Tfo_i + Tr_i + Tv_i$)

[Tfo_i] - время формообразования 1-го слоя опор

[Tro_i] - время опускания платформы для 1-го слоя опор

[Tvoi] - время выдержки для 1-го слоя опор

[To] - время построения опор

[Ti] - время построения изделия (с учетом опор)

Время построения детали (изделия)

1.1. Время построения 1-го слоя детали

Tc_i(Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz)

1.1.1. Tf_i Время формообразования 1-го слоя детали

Tf_i(Kpl, S, Kzro, DL, VL)

> **Tf_i := Kpl*S*Kzro/DL/VL ;**

$$Tf_i := \frac{Kpl \ S \ Kzro}{DL \ VL}$$

> **pTf_i := makeproc(Tf_i, Kpl, S, Kzro, DL, VL) :**

1.1.2. Tn_i Время работы выравнивающего ножа для 1-го слоя детали

Tn_i(S, Kyro, Lpp, Kng, Vng)

> **Tn_i := (sqrt(S*Kyro)+Lpp)*Kng/Vng ;**

$$Tn_i := \frac{(\sqrt{S \ Kyro} + Lpp) \ Kng}{Vng}$$

> **pTn_i := makeproc(Tn_i, S, Kyro, Lpp, Kng, Vng) :**

1.1.3. Tp_i Время опускания платформы для 1-го слоя детали

Tp_i(hc, Vpl)

> **Tp_i := (hc+0.025)/Vpl ;**

$$Tp_i := \frac{hc + 0.025}{Vpl}$$

> **pTp_i := makeproc(Tp_i, hc, Vpl) :**

1.1.4. Tv_i Время выдержки для 1-го слоя детали

Tv_i(Tvbaz, S, hc)

> **SBazTvi := 10000; # базовая площадь**

ExtSTvi := 0.3; # показатель степени влияния площади

hcBazTvi := 0.125; # базовая толщина слоя

**ExthcTvi := 1.5; # показатель степени влияния толщины
слоя**

$$SBazTvi := 10000$$

$$ExtSTvi := 0.3$$

$$hcBazTvi := 0.125$$

$$ExthcTvi := 1.5$$

> **Tv_i := Tvbaz*(S/SBazTvi)^ExtSTvi *
(hcBazTvi/hc)^ExthcTvi ;**

$$Tv_i := 0.002788463856 \ Tvbaz \ S^{0.3} \left(\frac{1}{hc} \right)^{1.5}$$

> **pTv_i := makeproc(Tv_i, Tvbaz, S, hc) :**

1.1.5. Tc_i = Tf_i+Tn_i+Tp_i+Tv_i Время построения 1-го слоя детали

Tc_i(Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz)

> **Tc_i := Tf_i + Tn_i + Tp_i + Tv_i ;**

$$Tc_i := \frac{Kpl\ S\ Kzro}{DL\ VL} + \frac{(\sqrt{S\ Kyro} + Lpp)\ Kng}{Vng} + \frac{hc + 0.025}{Vpl} + 0.002788463856\ Tvbaz\ S^{0.3} \left(\frac{1}{hc} \right)^{1.5}$$

> **pTc_i := makeproc(Tc_i, Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz) :**

1.2. Время построения детали (без опор)

Tc(H, Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz)

> **Tc := (H/hc)*Tc_i ;**

$$Tc := H \left(\frac{Kpl\ S\ Kzro}{DL\ VL} + \frac{(\sqrt{S\ Kyro} + Lpp)\ Kng}{Vng} + \frac{hc + 0.025}{Vpl} + 0.002788463856\ Tvbaz\ S^{0.3} \left(\frac{1}{hc} \right)^{1.5} \right) / hc$$

> **pTc := makeproc(Tc, H, Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz) :**

1.3. Время построения 1-го слоя опор

To_i(Kplo, S, Kzoo, DL, VL, hc, Hppoi, Vpl, Tvoi)

1.3.1. Tfo_i Время формообразования 1-го слоя опор

Tfo_i(Kplo, S, Kzoo, DL, VL)

> **Tfo_i := Kplo*S*Kzoo/DL/VL ;**

$$Tfo_i := \frac{Kplo\ S\ Kzoo}{DL\ VL}$$

> **pTfo_i := makeproc(Tfo_i, Kplo, S, Kzoo, DL, VL) :**

1.3.2. Тро_i Время опускания платформы для 1-го слоя опор

Тро_i(hc, Vpl, Hppoi)

> **Тро_i := (hc+Hppoi)/Vpl ;**

$$Tpo_i := \frac{hc + Hppoi}{Vpl}$$

> **pТро_i := makeproc(Тро_i, hc, Vpl, Hppoi) ;**

$$pTpo_i := (hc, Vpl, Hppoi) \rightarrow \frac{hc + Hppoi}{Vpl}$$

1.3.3. To_i = Tfo_i + Тр_i + Tv_i Время создания 1-го слоя опоры

To_i(Kplo, S, Kzoo, DL, VL, hc, Hppoi, Vpl, Tvoi)

> **To_i := Tfo_i + Тро_i + Tvoi ;**

$$To_i := \frac{Kplo\ S\ Kzoo}{DL\ VL} + \frac{hc + Hppoi}{Vpl} + Tvoi$$

> **pTo_i := makeproc(To_i, Kplo, S, Kzoo, DL, VL, hc, Hppoi, Vpl, Tvoi) ;**

$pTo_i :=$

$$(Kplo, S, Kzoo, DL, VL, hc, Hppoi, Vpl, Tvoi) \rightarrow \frac{Kplo S Kzoo}{DL VL} + \frac{hc + Hppoi}{Vpl} + Tvoi$$

1.4. Время построения опор

$To(Ho, Kplo, S, Kzoo, DL, VL, hc, Hppoi, Vpl, Tvoi)$

> **To := (Ho/hc)*To_i;**

$$To := \frac{Ho \left(\frac{Kplo S Kzoo}{DL VL} + \frac{hc + Hppoi}{Vpl} + Tvoi \right)}{hc}$$

> **pTo := makeproc (To, Ho, Kplo, S, Kzoo, DL, VL, hc, Hppoi, Vpl, Tvoi) :**

1.5. Время построения изделия (с учетом опор)

$Ti(H, Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz,$

$Ho, Kzoo, Kplo, Hppoi, Tvoi)$

> **Ti := Tc + To ;**

$$Ti := H \left(\frac{Kpl S Kzro}{DL VL} + \frac{(\sqrt{S Kyro} + Lpp) Kng}{Vng} + \frac{hc + 0.025}{Vpl} \right. \\ \left. + 0.002788463856 Tvbaz S^{0.3} \left(\frac{1}{hc} \right)^{1.5} \right) / hc \\ + \frac{Ho \left(\frac{Kplo S Kzoo}{DL VL} + \frac{hc + Hppoi}{Vpl} + Tvoi \right)}{hc}$$

> **pTi := makeproc (Ti, H, Kpl, S, Kzro, DL, VL, Kyro, Lpp, Kng, Vng, hc, Vpl, Tvbaz, Ho, Kzoo, Kplo, Hppoi, Tvoi) :**

Тестовый пример (Параметры)

[DL] - диаметр пятна лазерного луча на поверхности фотополимера 0,23-0,26 мм

> **DL0:= 0.259:**

[VL] - скорость луча лазера 5000 мм/с

> **VL0:= 4999:**

[S] - площадь рабочей области занимаемой деталями, мм².

> **S0:= 39244 :**

[Kzro] - коэффициент заполнения рабочей области деталями

> **Kzro0:= 0.6:**

[Kyro] - коэффициент формы рабочей области по оси Y

> **Kyro0:= 1.3:**

[hc] - толщина фотополимеризуемого слоя 0,025 - 0,2 мм

> **hc0:= 0.15:**

[Kpl] - коэффициент проходов луча при построении детали 5-11

> **Kpl0:= 3:**

[Kplo] - коэффициент проходов луча при построении опор

> **Kplo0:= 5:**

[Lpp] - длина подвода и перебега выравнивающего ножа, мм

> **Lpp0:= 11:**

[Vng] - скорость движения выравнивающего ножа, мм/с

> **Vng0:= 11:**

[Kng] - коэффициент числа проходов выравнивающего ножа

> **Kng0:= 2:**

[Vpl] - скорость опускания рабочей платформы, мм/с

> **Vpl0:= 1:**

[Tvbaz] - базовое время выдержки, с

> **Tvbaz0:= 16:**

[H] - исходная высота изделия, мм

> **H0:= 210:**

[Kzoo] - коэффициент заполнения опор

> **Kzoo0:= 0.4:**

[Ho] - высота опор, мм

> **Ho0:= 14:**

[Hproi] - глубина погружения платформы при построении опор, мм

> **Hproi0:= 14:**

[Tvoi] - время выдержки при построении опор, с

> **Tvoi0:= 14:**

Тестовый пример (Результаты)

[Tf_i] - время формообразования 1-го слоя детали

> **pTf_i(Kpl0, S0, Kzro0, DL0, VL0);**
54.55855649

[Tn_i] - время работы выравнивающего ножа для 1-го слоя детали

> **pTn_i(S0, Kyro0, Lpp0, Kng0, Vng0);**
43.06724982

[Tp_i] - время опускания платформы для 1-го слоя детали

> **pTp_i(hc0, Vpl0);**

0.175

[Tv_i] - время выдержки для 1-го слоя детали

> **pTv_i (Tvbaz0, S0, hc0) ;**

18.34341087

[Tc_i] - время построения 1-го слоя детали ($Tc_i = Tf_i + Tn_i + Tr_i + Tv_i$)

>

pTc_i (Kp10, S0, Kzro0, DL0, VL0, Kyro0, Lpp0, Kng0, Vng0, hc0, Vp10, Tvbaz0) ;

116.1442172

[Nc] - количество слоев детали

> **H0/hc0 ;**

1400.000000

[Tc] - время построения детали (без опор)

> **pTc (H0, Kp10, S0, Kzro0, DL0, VL0, Kyro0, Lpp0, Kng0, Vng0, hc0, Vp10, Tvbaz0)/3600 ; # час.**

45.16719558

[Tfo_i] - время формообразования 1-го слоя опор

> **pTfo_i (Kplo0, S0, Kzoo0, DL0, VL0) ;**

60.62061832

[Tro_i] - время опускания платформы для 1-го слоя опор

> **pTro_i (hc0, Vp10, Hproi0) ;**

14.15

[Tvoi] - время выдержки для 1-го слоя опор

> **Tvoi0 ;**

14

[To_i] - время построения 1-го слоя опор ($To_i = Tfo_i + Tr_i + Tv_i$)

> **pTo_i (Kplo0, S0, Kzoo0, DL0, VL0, hc0, Hproi0, Vp10, Tvoi0) ;**

88.77061832

[To] - время построения опор

>

pTo (Ho0, Kplo0, S0, Kzoo0, DL0, VL0, hc0, Hproi0, Vp10, Tvoi0)/3600 ;

2.301460475

[No] - количество слоев опор, шт

> **Ho0/hc0 ;**

93.33333333

[Ti] - время построения изделия (с учетом опор)

>

pTi (H0 ,Kp10 ,S0 ,Kzro0 ,DL0 ,VL0 ,Kyro0 ,Lpp0 ,Kng0 ,Vng0 ,hc0 ,Vp1
0 ,Tvbaz0 ,Ho0 ,Kzoo0 ,Kplo0 ,Hppoi0 ,Tvoi0) /3600 ;
47.46865606

Лабораторная работа № 2

КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ГРУППЫ И ПРИЗНАКИ RP-ТЕХНОЛОГИЙ

Цель работы: изучить классификацию (классификационные группы и признаки) RP-технологий. Для заданного метода построения изделий правильно определить особенности построения.

Экранная форма контрольного задания представлена на рис. 2.1.

Национальная	ECTS	100-бальная
Отлично	A	90 - 100
Хорошо	B	82 - 89
	C	75 - 81
Удовлетворительно	D	64 - 74
	E	60 - 63
Неудовлетворительно	Fx	35 - 59
	F	1 - 34

* Для работы необходимо:
1. Выбрать -> Учебный курс
2. Выбрать -> Контрольное задание (или контрольные вопросы)
3. Выбрать -> Группу (академическую). Образец -> Test. Общая резервная группа -> Rez-##.
4. Выбрать -> Вариант (ФИО Студента)
5. Запустить контрольное задание -> [Запуск Контрольного Задания]

* При возникновении проблемы с шириной полей -> выполнить их настройку -> [Настройка Ширины Полей]

Рисунок 2.1 – Учебный курс и контрольное задание

Исходные данные и результаты расчетов представлены на рис. 2.2.

Неправильные результаты будут выделены красным цветом.

При выполнении работы использовать следующую литературу:

Интегрированные генеративные технологии : учеб. пособие [для студ. выс. учеб. заведений] / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок [и др.] ; под ред. А.И. Грабченко. — Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. — 416 с. (3.7 Классификация генеративных технологий макроуровня. — С. 88÷103).

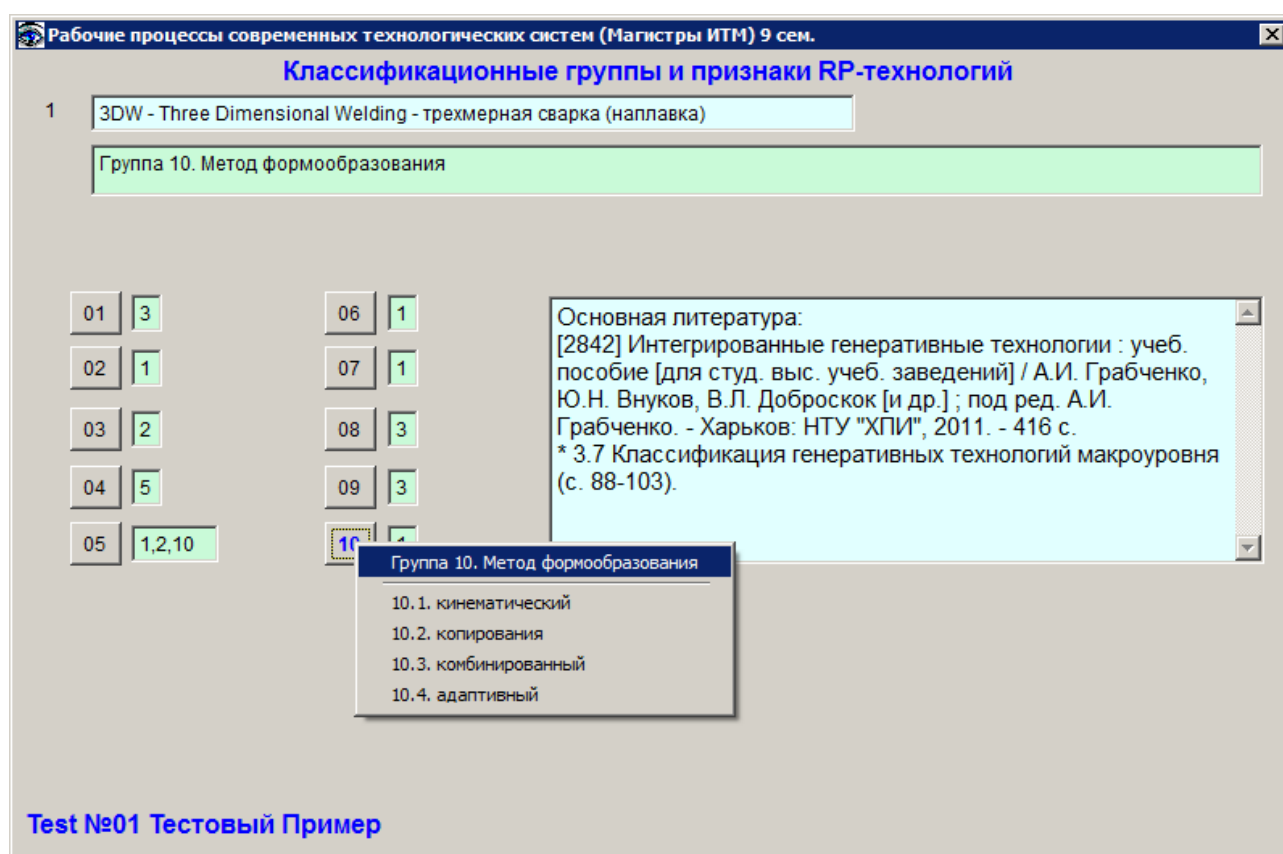


Рисунок 2.2 – Исходные данные и результаты

При выполнении работы целесообразно использовать приложение RP_Tehn Rapid Prototyping (RP) интегрированные генеративные технологии макроуровня.

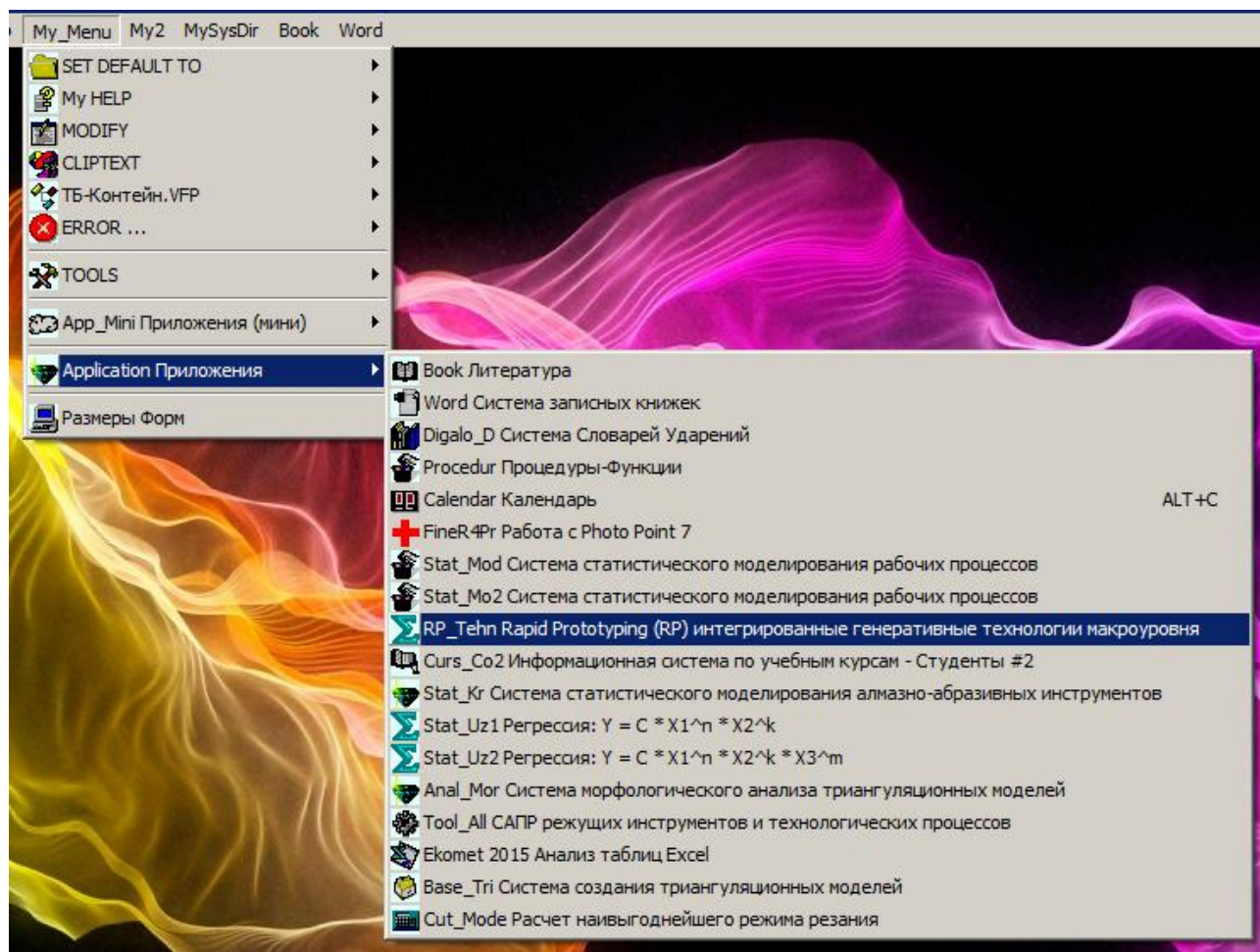


Рисунок 2.3 – Запуск приложения RP_Tehn Rapid Prototyping (RP) интегрированные генеративные технологии макроуровня

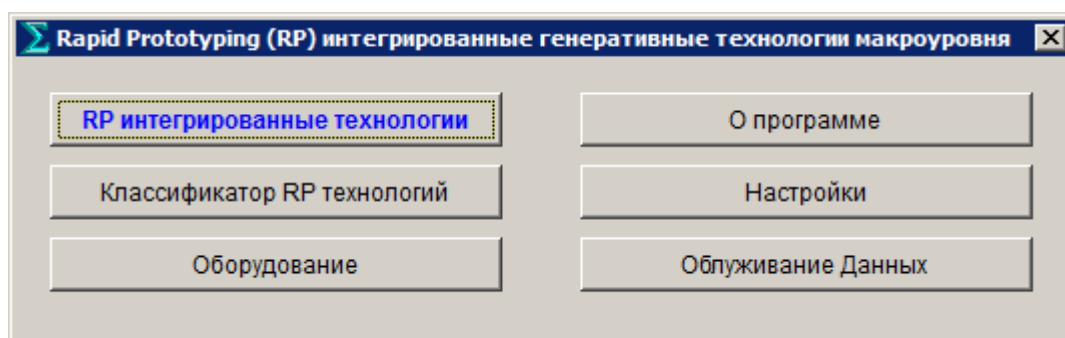


Рисунок 2.4 – Главная экранная форма приложения RP_Tehn Rapid Prototyping (RP) интегрированные генеративные технологии макроуровня

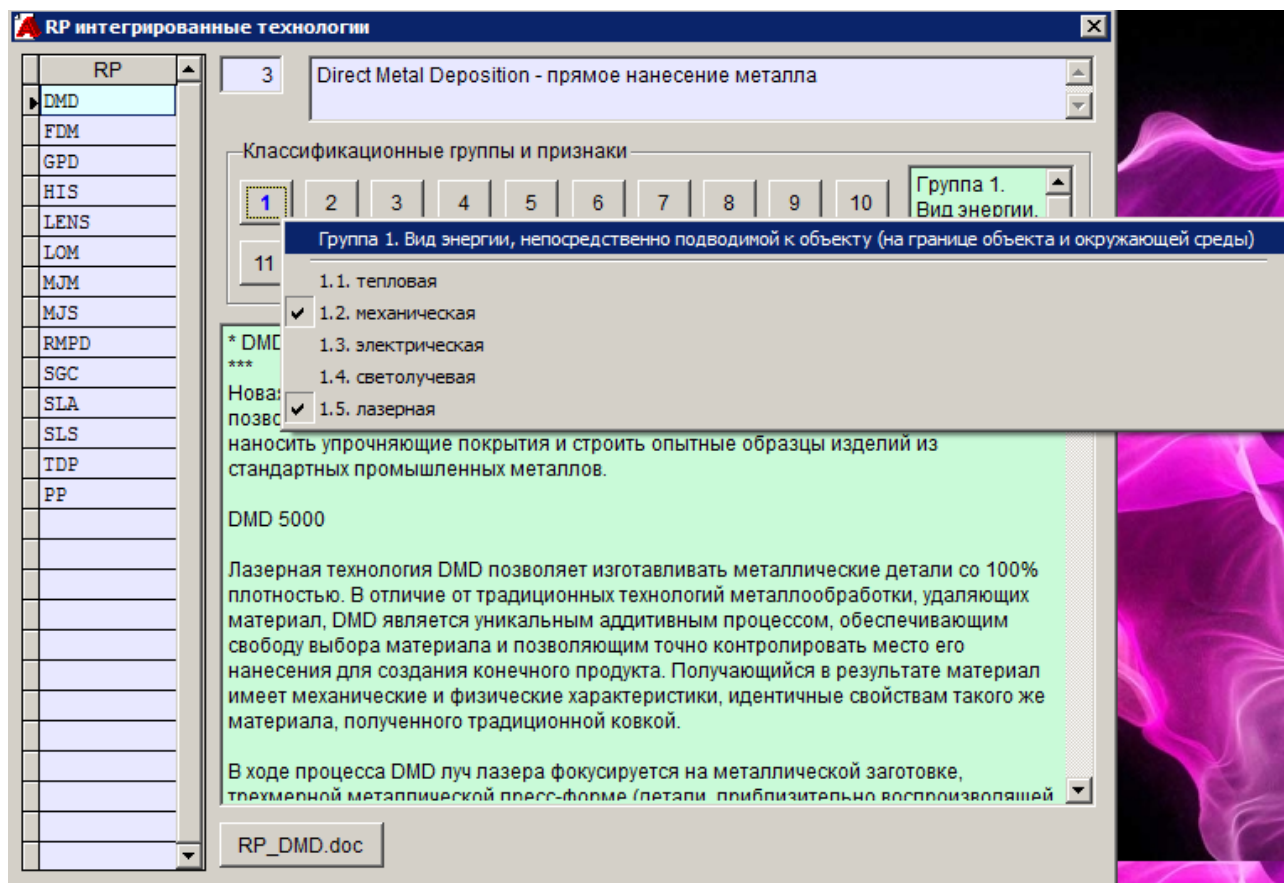


Рисунок 2.5 – Экранная форма классификационных групп и признаков интегрированных генеративных технологий макроуровня

Лабораторная работа № 3

КОЛИЧЕСТВО АЛМАЗОВ В АЛМАЗОНОСНОМ СЛОЕ ИНСТРУМЕНТА

Цель работы: изучить особенности изготовления алмазных шлифовальных кругов и расчет количества алмазов в алмазоносном слое инструмента.

Экранная форма контрольного задания представлена на рис. 3.1.

Информационная система по учебным курсам - Студенты

Учебный Курс 08
Рабочие процессы современных технологических систем (Магистры ИТМ) 9

Контрольное Задание 03
Количество алмазов в алмазоносном слое инструмента

Группа 01
Test

Вариант 01
Тестовый Пример

Настройка Ширины Полей
0.52 Par 123
0.52 Rez 123

Национальная	ECTS	100-бальная
Отлично	A	90 - 100
Хорошо	B	82 - 89
	C	75 - 81
Удовлетворительно	D	64 - 74
Неудовлетворительно	E	60 - 63
	Fx	35 - 59
	F	1 - 34

Запуск Контрольного Задания

* Для работы необходимо:
1. Выбрать -> Учебный курс
2. Выбрать -> Контрольное задание (или контрольные вопросы)
3. Выбрать -> Группу (академическую). Образец -> Test. Общая резервная группа -> Rez-##.
4. Выбрать -> Вариант (ФИО Студента)
5. Запустить контрольное задание -> [Запуск Контрольного Задания]
* При возникновении проблемы с шириной полей -> выполнить их настройку -> [Настройка Ширины Полей]

Рисунок 3.1 – Учебный курс и контрольное задание

Исходные данные и результаты расчетов представлены на рис. 3.2.

Неправильные результаты будут выделены красным цветом.

При выполнении работы использовать следующую литературу:

1. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / Под. ред. В.Н. Бакуля. — М.: Машиностроение, 1975. — 296 с. — С. 155÷169.

2. *\\Curs_Co2\\0_Docs_Stu\\An000049_s155-169_Основы_проектирования_и_технология_изготовления_абразивного_и_алмазного_инструмента_Бакуль_1975.pdf.

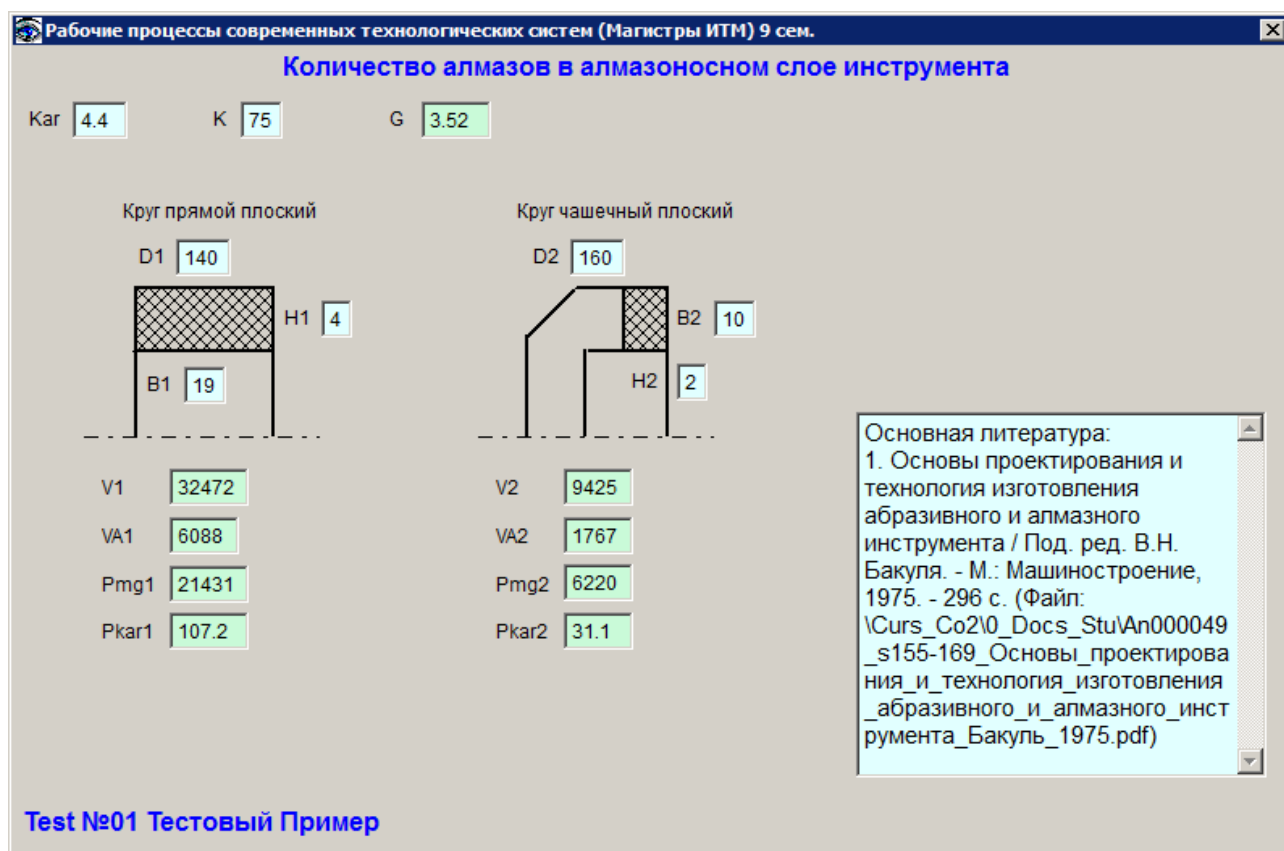


Рисунок 3.2 – Исходные данные и результаты расчетов

Пример расчетов в математическом пакете Maple

Количество алмазов в алмазоносном слое инструмента

> restart:

Дополнительные пакеты

> with(student) ;

$B1 := 15$

$H1 := 4$

Объем алмазоносного слоя, мм³

> $V1 := \text{evalf}(B1 * (\text{Pi} * D1^2) / 4 - B1 * (\text{Pi} * (D1 - 2 * H1)^2) / 4);$
 $V1 := 16210.61809$

Объем алмазов в алмазоносном слое, мм³

> $VA1 := V1 * (nK / 400);$
 $VA1 := 5065.818152$

Вес алмазов в алмазоносном слое, мг

> $Pmg1 := VA1 * nG;$
 $Pmg1 := 17831.67990$

Вес алмазов в алмазоносном слое, карат

> $Pkar1 := Pmg1 / 200;$
 $Pkar1 := 89.15839950$

Цена круга, USD

> $CenaUSD1 := Pkar1 * nC;$
 $CenaUSD1 := 22.28959988$

Цена круга, грн

> $CenaGRN1 := CenaUSD1 * 8.2;$
 $CenaGRN1 := 182.7747190$

Круг торцовый плоский

> $D2 := 140;$ # наружный диаметр круга, мм
 $B2 := 18;$ # ширина алмазоносного слоя, мм
 $H2 := 4;$ # толщина алмазоносного слоя, мм
 $D2 := 140$
 $B2 := 18$
 $H2 := 4$

Объем алмазоносного слоя, мм³

> $V2 := \text{evalf}(H2 * (\text{Pi} * D2^2) / 4 - H2 * (\text{Pi} * (D2 - 2 * B2)^2) / 4);$
 $V2 := 27595.74987$

Объем алмазов в алмазоносном слое, мм³

> $VA2 := V2 * (nK / 400);$
 $VA2 := 8623.671835$

Вес алмазов в алмазоносном слое, мг

> $Pmg2 := VA2 * nG;$
 $Pmg2 := 30355.32486$

Вес алмазов в алмазоносном слое, карат

> **Pkar2 := Pmg2 / 200;**

Pkar2 := 151.7766243

Цена круга, USD

> **CenaUSD2 := Pkar2 * nC;**

CenaUSD2 := 37.94415608

Цена круга, грн

> **CenaGRN2 := CenaUSD2 * 8.2;**

CenaGRN2 := 311.1420799

Лабораторная работа № 4

ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: изучить особенности формирования геометрической составляющей шероховатости обработанной поверхности.

Экранная форма контрольного задания представлена на рис. 4.1.

Информационная система по учебным курсам - Студенты

Учебный Курс 08
Рабочие процессы современных технологических систем (Магистры ИТМ) 9

Контрольное Задание 04
Шероховатость обработанной поверхности

Группа 01
Test

Вариант 01
Тестовый Пример

Настройка Ширины Полей
0.52 Par 123
0.52 Rez 123

Национальная	EKTS	100-бальная
Отлично	A	90 - 100
Хорошо	B	82 - 89
	C	75 - 81
Удовлетворительно	D	64 - 74
	E	60 - 63
Неудовлетворительно	Fx	35 - 59
	F	1 - 34

Запуск Контрольного Задания

* Для работы необходимо:
1. Выбрать -> Учебный курс
2. Выбрать -> Контрольное задание (или контрольные вопросы)
3. Выбрать -> Группу (академическую). Образец -> Test. Общая резервная группа -> Rez-##.
4. Выбрать -> Вариант (ФИО Студента)
5. Запустить контрольное задание -> [Запуск Контрольного Задания]
* При возникновении проблемы с шириной полей -> выполнить их настройку -> [Настройка Ширины Полей]

Рисунок 4.1 – Учебный курс и контрольное задание

Исходные данные и результаты расчетов представлены на рис. 4.2.

Неправильные результаты будут выделены красным цветом.

При выполнении работы использовать следующую литературу:

1. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. (Файл: *\\Curs_Co2\\0_Docs_Stu\\ГОСТ_2789-73_Шероховатость_поверхности_Параметры_и_характеристики.doc).

2. Армареко И.Дж.А., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием: Пер. с англ. В.А. Пастунова. — М.: Машиностроение, 1977. — 325 с. (Файл: *\\Curs_Co2\\An000764_s133-137_Обработка_металлов_резанием_Армареко_Браун_1977.pdf).

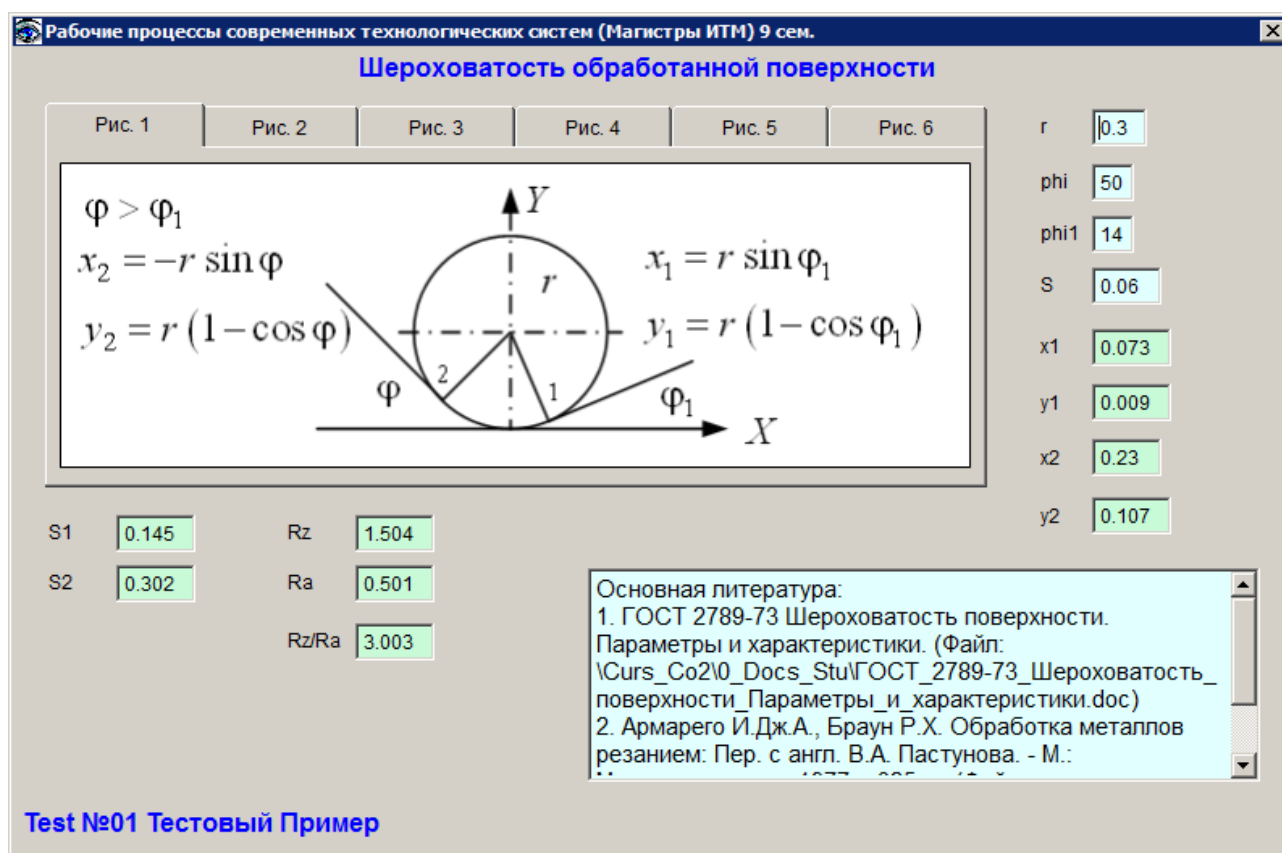


Рисунок 4.2 – Исходные данные и результаты расчетов

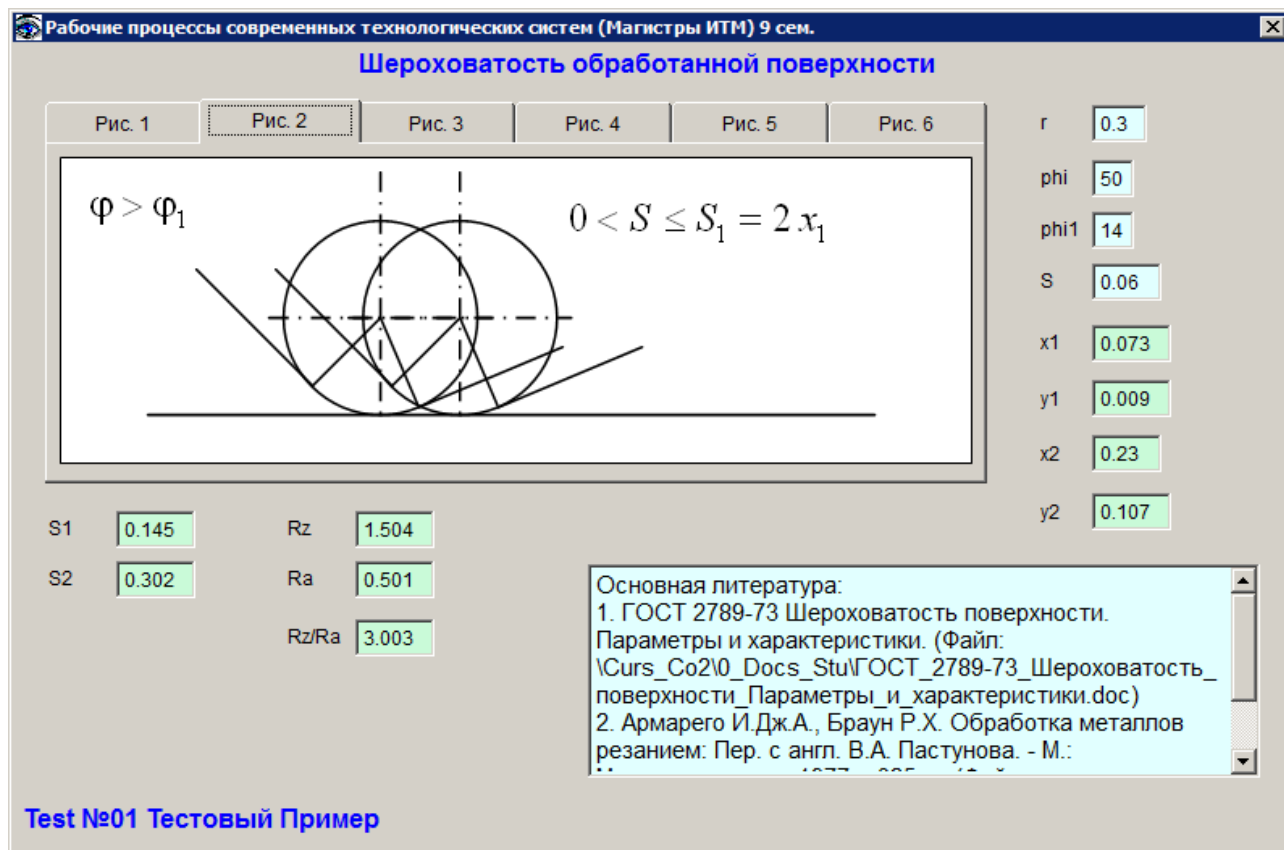


Рисунок 4.3 – Исходные данные и результаты расчетов (вкладка 2)

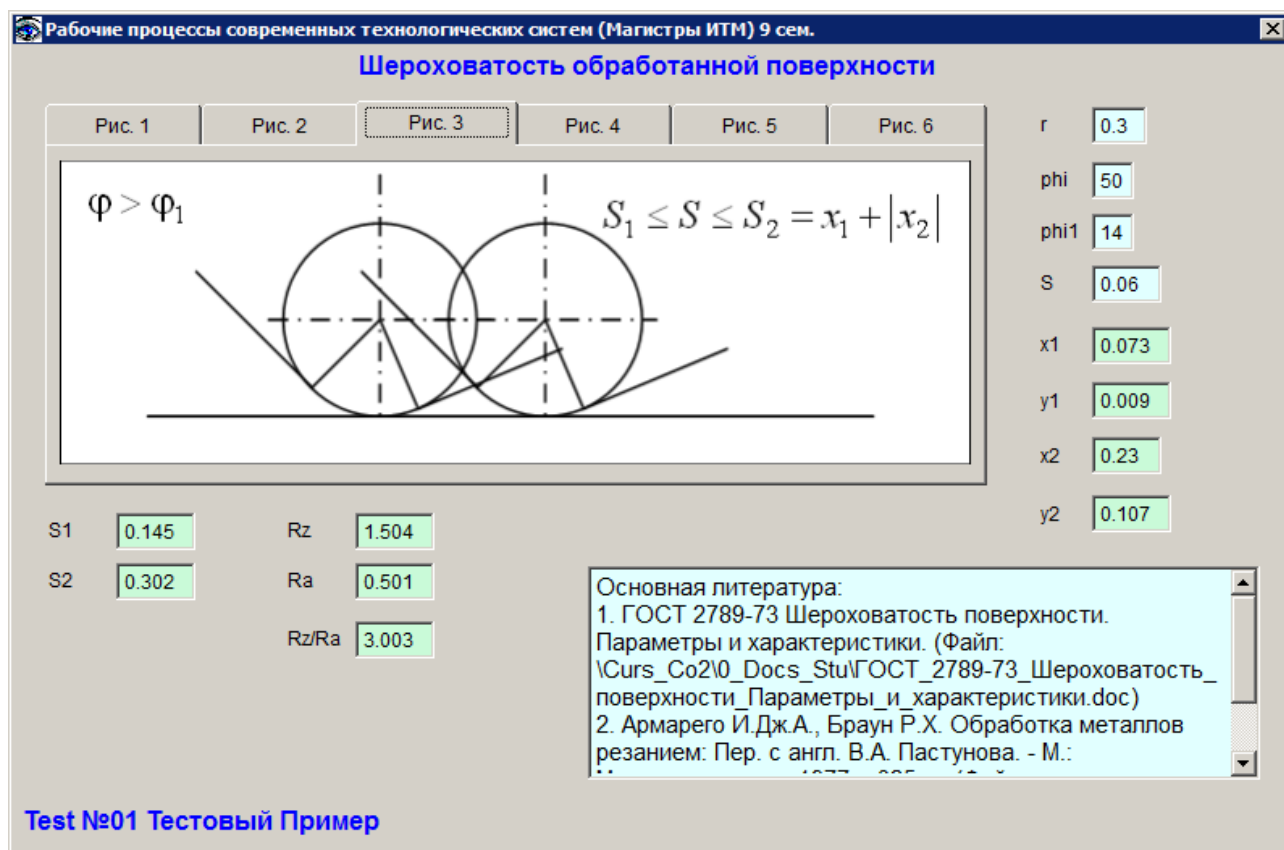


Рисунок 4.4 – Исходные данные и результаты расчетов (вкладка 3)

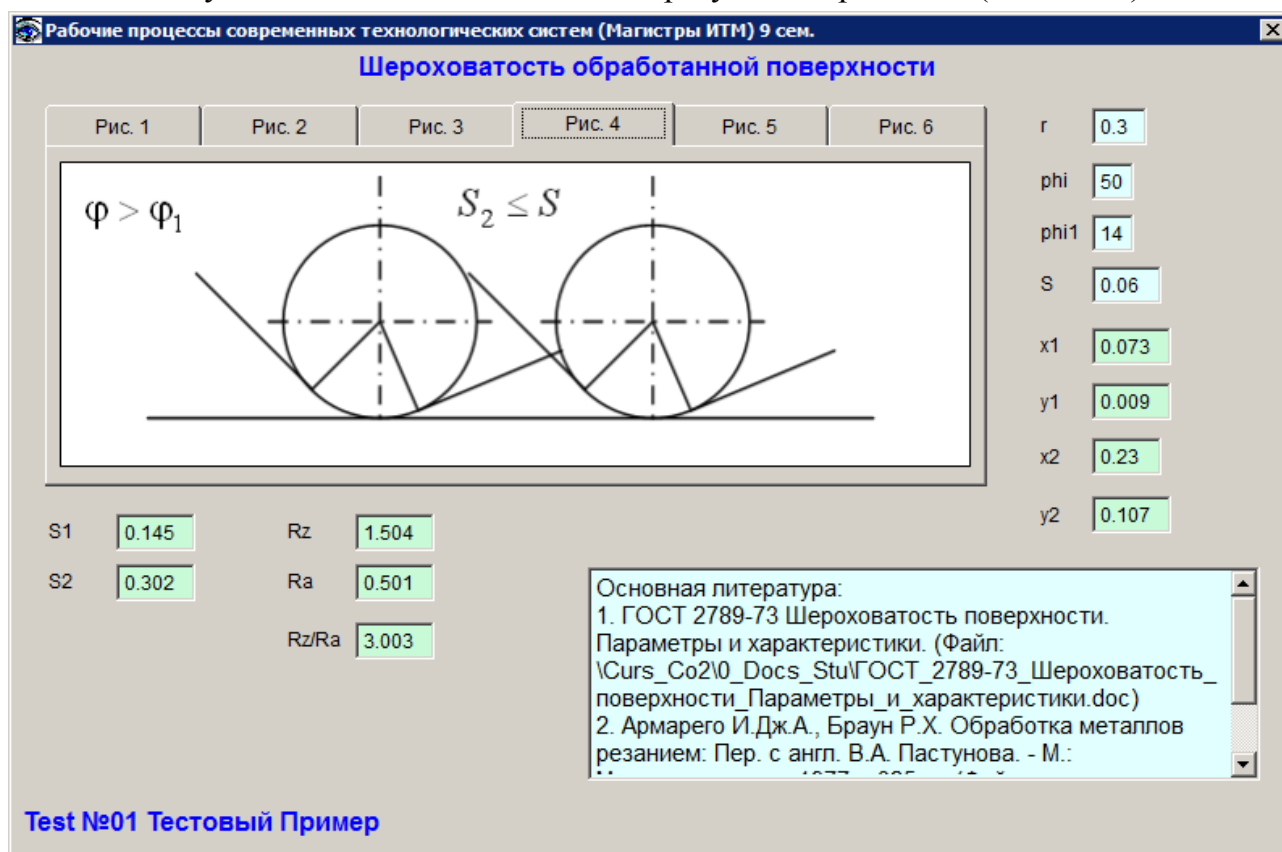


Рисунок 4.5 – Исходные данные и результаты расчетов (вкладка 4)

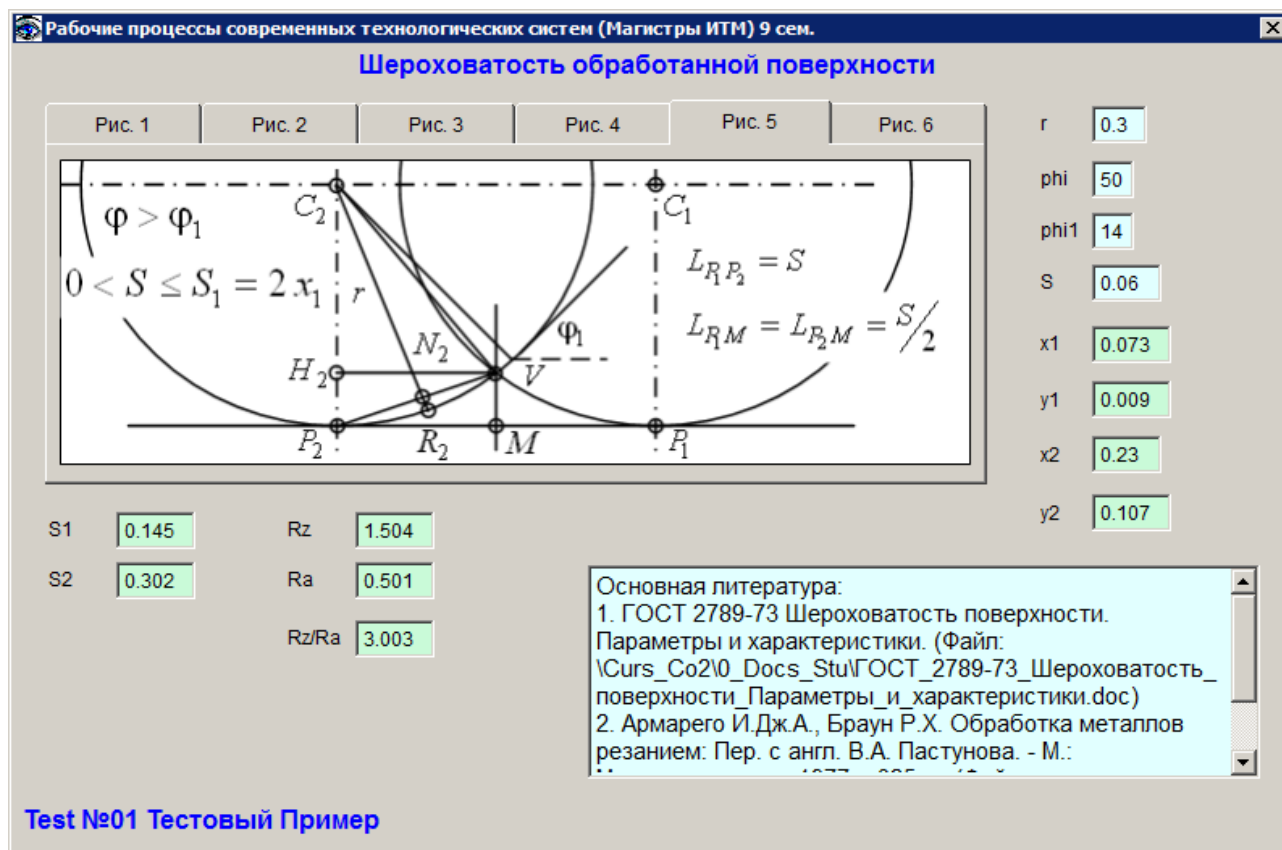


Рисунок 4.6 – Исходные данные и результаты расчетов (вкладка 5)

Рабочие процессы современных технологических систем (Магистры ИТМ) 9 сем.

Шероховатость обработанной поверхности

Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3 Рис. 4 Рис. 5 **Рис. 6**

$$Rz = L_{VM} = L_{H_2P_2} = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2} \quad \Phi > \Phi_1$$

$$Ra = \frac{2}{S} (F_{P_2VM} - F_{P_2VR_2P_2}) \quad 0 < S \leq S_1 = 2x_1$$

S1: 0.145 Rz: 1.504

S2: 0.302 Ra: 0.501

Rz/Ra: 3.003

r: 0.3

phi: 50

phi1: 14

S: 0.06

x1: 0.073

y1: 0.009

x2: 0.23

y2: 0.107

Параметры и характеристики. (Файл: \Curs_Co2\0_Docs_Stu\ГОСТ_2789-73_Шероховатость_поверхности_Параметры_и_характеристики.doc)
 2. Армарего И.Дж.А., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием: Пер. с англ. В.А. Пастунова. - М.: Машиностроение, 1977. - 325 с. (Файл: \Curs_Co2\An000764_s133-137_Обработка_металлов_re

Test №01 Тестовый Пример

Рисунок 4.7 – Исходные данные и результаты расчетов (вкладка 6)

Пример расчетов в математическом пакете Maple

Шероховатость обработанной поверхности

Общие установки и дополнительные пакеты

> restart;

> with(student);

[D, Diff, Doubleint, Int, Limit, Lineint, Product, Sum, Tripleint, changevar, completesquare, distance, equate, integrand, intercept, intparts, leftbox, leftsum, makeproc, middlebox, middlesum, midpoint, powsubs, rightbox, rightsum, showtangent, simpson, slope, summand, trapezoid]

> with(plots);

Warning, the name changecoords has been redefined

[*animate, animate3d, animatecurve, changecoords, complexplot, complexplot3d, conformal, contourplot, contourplot3d, coordplot, coordplot3d, cylinderplot, densityplot, display, display3d, fieldplot, fieldplot3d, gradplot, gradplot3d, implicitplot, implicitplot3d, inequal, listcontplot, listcontplot3d, listdensityplot, listplot, listplot3d, loglogplot, logplot, matrixplot, odeplot, pareto, pointplot, pointplot3d, polarplot, polygonplot, polygonplot3d, polyhedra_supported, polyhedraplot, replot, rootlocus, semilogplot, setoptions, setoptions3d, spacecurve, sparsematrixplot, sphereplot, surfdata, textplot, textplot3d, tubeplot*]

> **with(plottools);**

[*arc, arrow, circle, cone, cuboid, curve, cutin, cutout, cylinder, disk, dodecahedron, ellipse, ellipticArc, hemisphere, hexahedron, homothety, hyperbola, icosahedron, line, octahedron, pieslice, point, polygon, project, rectangle, reflect, rotate, scale, semitorus, sphere, stellate, tetrahedron, torus, transform, translate, vrmI*]

Вспомогательные функции

nRadian = DtoR(nDegree) - перевод градусов в радианы

> **DtoR := (nDegree) -> nDegree * Pi / 180;**

$$DtoR := nDegree \rightarrow \frac{1}{180} nDegree \pi$$

nDegree = RtoD(nRadian) - перевод радиан в градусы

> **RtoD := (nRadian) -> nRadian * 180 / Pi;**

$$RtoD := nRadian \rightarrow 180 \frac{nRadian}{\pi}$$

Шероховатость

Параметры:

nR - радиус при вершине, мм;

phiG - главный угол в плане, град;

phi1G - вспомогательный угол в плане, град;

nS - подача, мм.

> **nR0 := 0.3; # Test Ok**

phiG0 := 50; # Test Ok

phi1G0 := 14; # Test Ok

nS0 := 0.06; # Test Ok

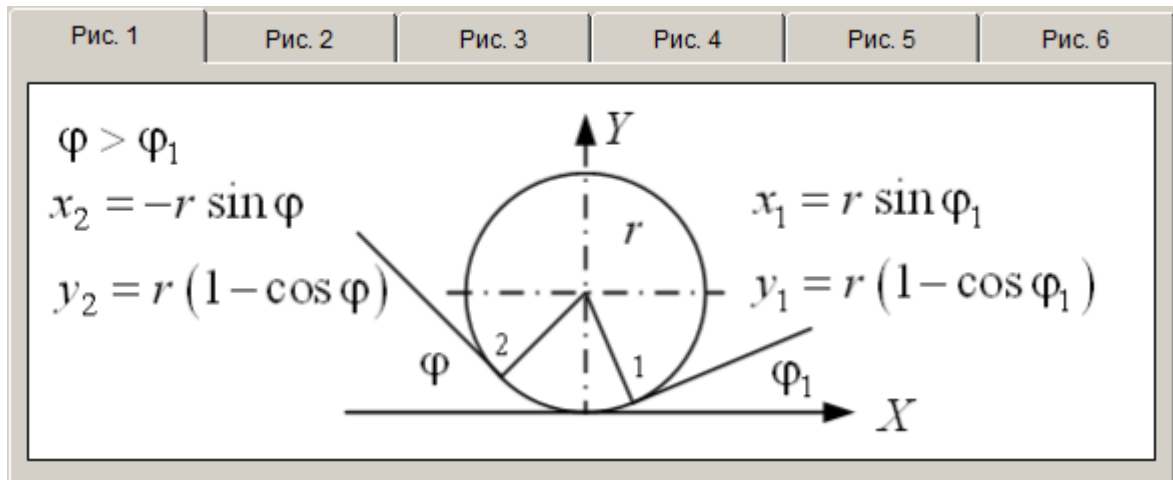
nR0 := 0.3

phiG0 := 50

phi1G0 := 14

nS0 := 0.06

Координаты особых точек (касание радиуса при вершине с режущими кромками):



```
> x1 := nR * sin(DtoR(phi1G));
px1 := makeproc(x1, nR, phi1G):
x10 := evalf(px1(nR0, phi1G0)); # Test Ok
```

$$x1 := nR \sin\left(\frac{1}{180} \text{phi1G} \pi\right)$$

$$x10 := 0.07257656868$$

```
> y1 := nR * (1 - cos(DtoR(phi1G)));
py1 := makeproc(y1, nR, phi1G):
y10 := evalf(py1(nR0, phi1G0)); # Test Ok
```

$$y1 := nR \left(1 - \cos\left(\frac{1}{180} \text{phi1G} \pi\right)\right)$$

$$y10 := 0.0089112821$$

```
> x2 := - nR * sin(DtoR(phiG));
px2 := makeproc(x2, nR, phiG):
x20 := evalf(px2(nR0, phiG0)); # Test Ok
```

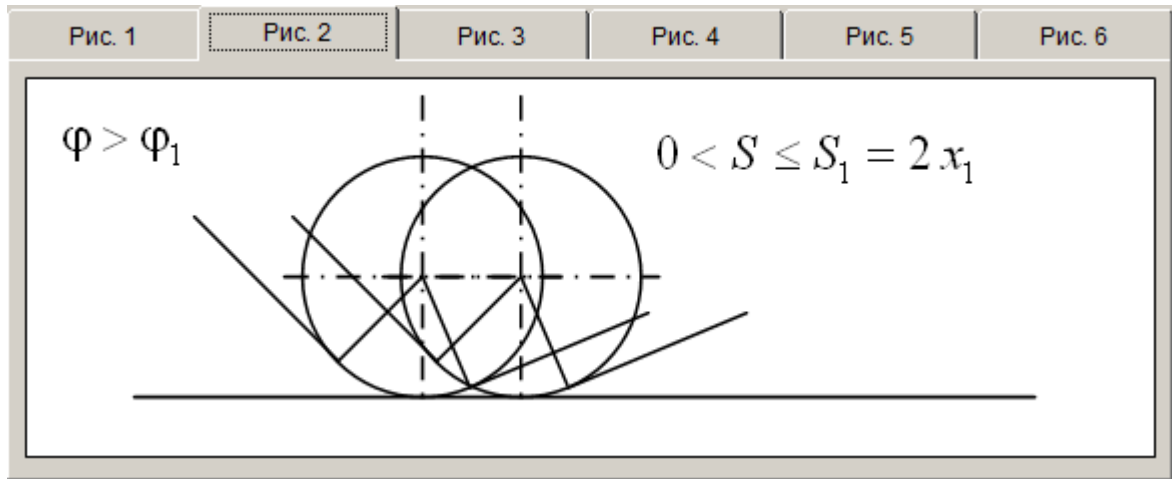
$$x2 := -nR \sin\left(\frac{1}{180} \text{phiG} \pi\right)$$

$$x20 := -0.2298133330$$

```
> y2 := nR * (1 - cos(DtoR(phiG)));
py2 := makeproc(y2, nR, phiG):
y20 := evalf(py2(nR0, phiG0)); # Test Ok
```

$$y2 := nR \left(1 - \cos\left(\frac{1}{180} \text{phiG} \pi\right)\right)$$

$$y20 := 0.1071637172$$



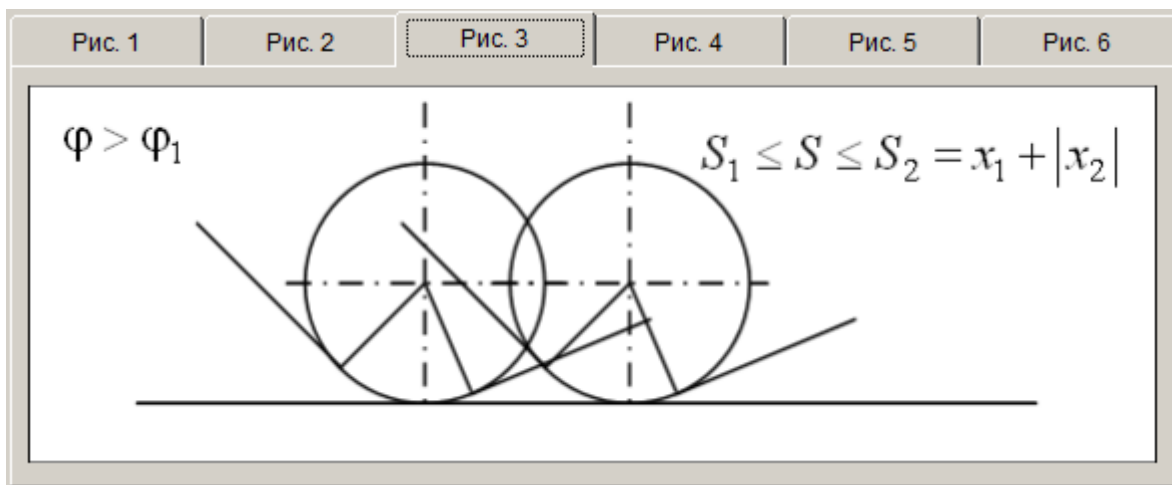
```

> S1 := 2*x1;
pS1 := makeproc(S1, nR, phi1G):
S10 := evalf(pS1(nR0, phi1G0)); # Test Ok

$$S1 := 2 nR \sin\left(\frac{1}{180} \phi1G \pi\right)$$


$$S10 := 0.1451531374$$


```



```

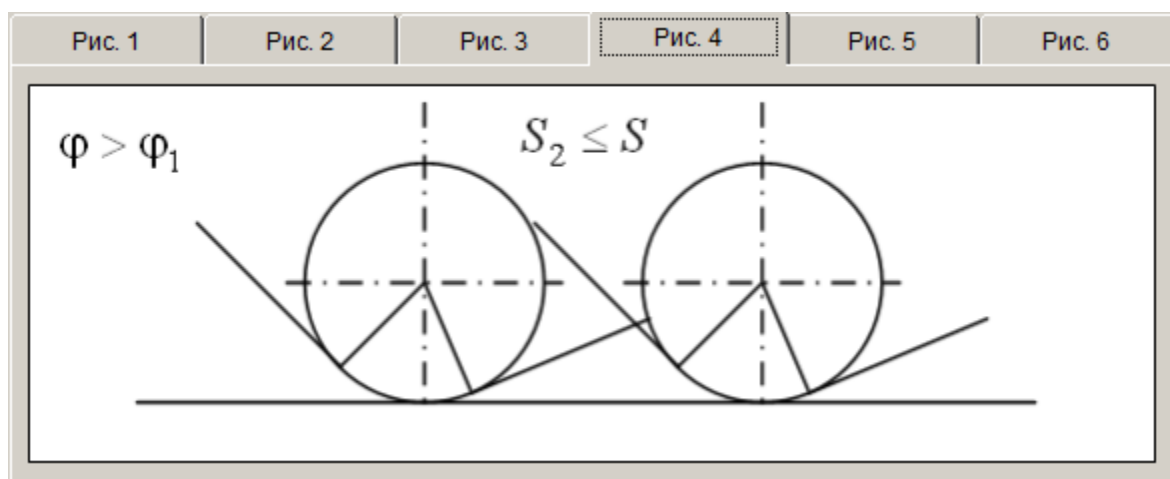
> S2 := x1 + abs(x2);
pS2 := makeproc(S2, nR, phiG, phi1G):
S20 := evalf(pS2(nR0, phiG0, phi1G0)); # Test Ok

$$S2 := nR \sin\left(\frac{1}{180} \phi1G \pi\right) + \left| nR \sin\left(\frac{1}{180} \phi1G \pi\right) \right|$$

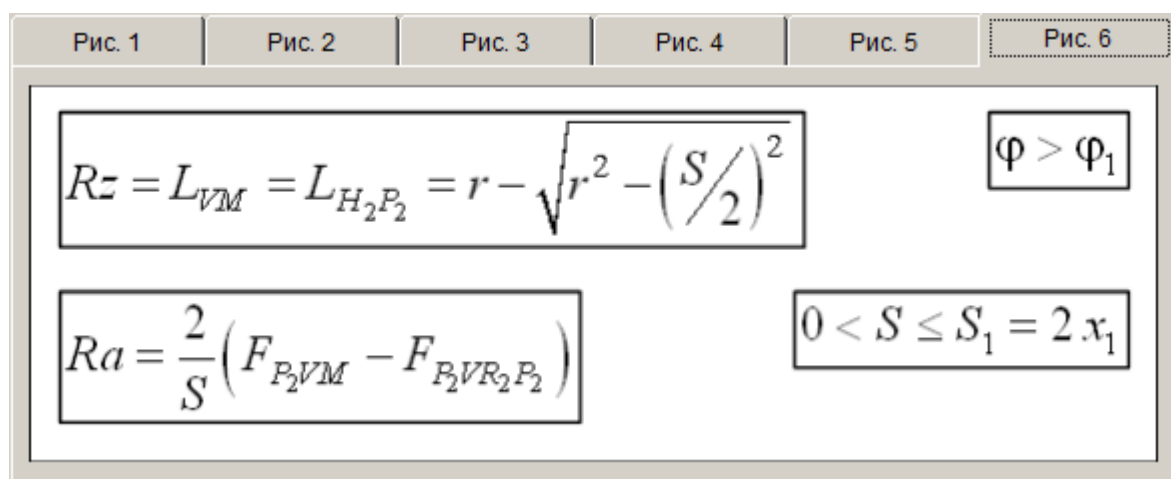
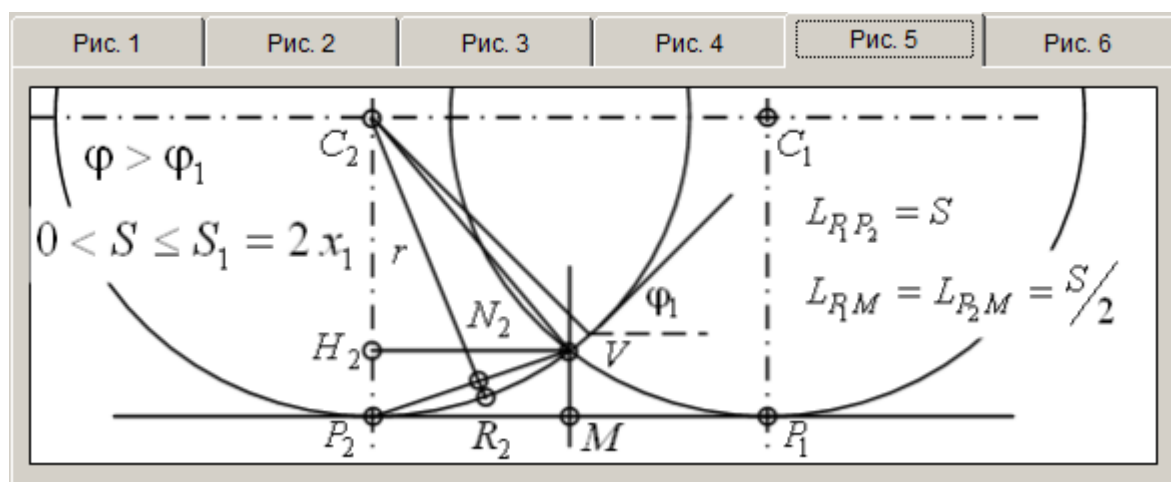

$$pS2 := (nR, \phi1G, \phi1G) \rightarrow nR \sin\left(\frac{1}{180} \phi1G \pi\right) + \left| nR \sin\left(\frac{1}{180} \phi1G \pi\right) \right|$$


$$S20 := 0.3023899017$$


```



Геометрическая составляющая шероховатости поверхности



Для малых значений подач, когда резание происходит радиусной частью резца (рис. 7.13, в), т. е. при условии $f \leq 2 \cdot R \cdot \sin(Ce)$, высота неровностей

снижается до значения $R_z = h = R - (1/2) * \sqrt{4R^2 - f^2}$.

R_z - высота неровностей профиля по десяти точкам (R_{\max} - наибольшая высота профиля), мм

```
> Rz := nR - sqrt(nR^2 - (nS/2)^2);  
pRz := makeproc(Rz, nR, nS);  
Rz0 := evalf(pRz(nR0, nS0));  
Rz0X := nR0 - sqrt(nR0^2 - (nS0/2)^2);  
Rz0Xmkm := 1000*Rz0X; # Test Ok
```

$$R_z := nR - \frac{1}{2} \sqrt{4nR^2 - nS^2}$$

$$pR_z := (nR, nS) \rightarrow nR - \frac{1}{2} \sqrt{4nR^2 - nS^2}$$

$$R_{z0} := 0.0015037688$$

$$R_{z0X} := 0.0015037689$$

$$R_{z0Xmkm} := 1.503768900$$

R_a - среднеарифметическая высота неровностей профиля

$R_a = (2/S) * (F_{P2VM} - F_{P2VR2P2})$

Половина площади заменяющего треугольника, мм²

$F_{P2VM} = (S/2) * R_z / 2 = S * R_z / 4$

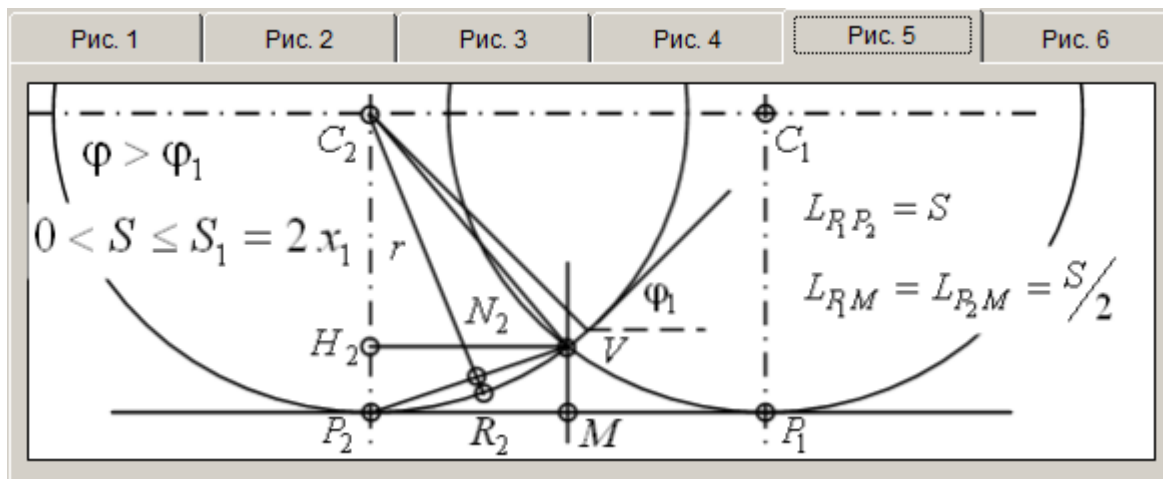
```
> F_P2VM := nS * Rz / 4;  
pF_P2VM := makeproc(F_P2VM, nR, nS);  
F_P2VM0 := evalf(pF_P2VM(nR0, nS0));  
F_P2VM0X := nS0 * Rz0X / 4;
```

$$F_{P2VM} := \frac{1}{4} nS \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4nR^2 - nS^2} \right)$$

$$pF_{P2VM} := (nR, nS) \rightarrow \frac{1}{4} nS \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4nR^2 - nS^2} \right)$$

$$F_{P2VM0} := 0.00002255653200$$

$$F_{P2VM0X} := 0.00002255653350$$



F_P2VR2P2 - площадь кругового сегмента

$F_{P2VR2P2} = F_{C2VR2P2C2} - F_{C2VP2}$, где $F_{C2VR2P2C2}$ - площадь кругового сектора; F_{C2VP2} - площадь прямоугольника, вписанного в круговой сектор

Боковая сторона заменяющего треугольника

$$L_{P2V} = \sqrt{(S/2)^2 + R_z^2}$$

$> L_{P2V} := \sqrt{(nS/2)^2 + R_z^2};$

$pL_{P2V} := \text{makeproc}(L_{P2V}, nR, nS);$

$L_{P2V0} := \text{evalf}(pL_{P2V}(nR0, nS0));$

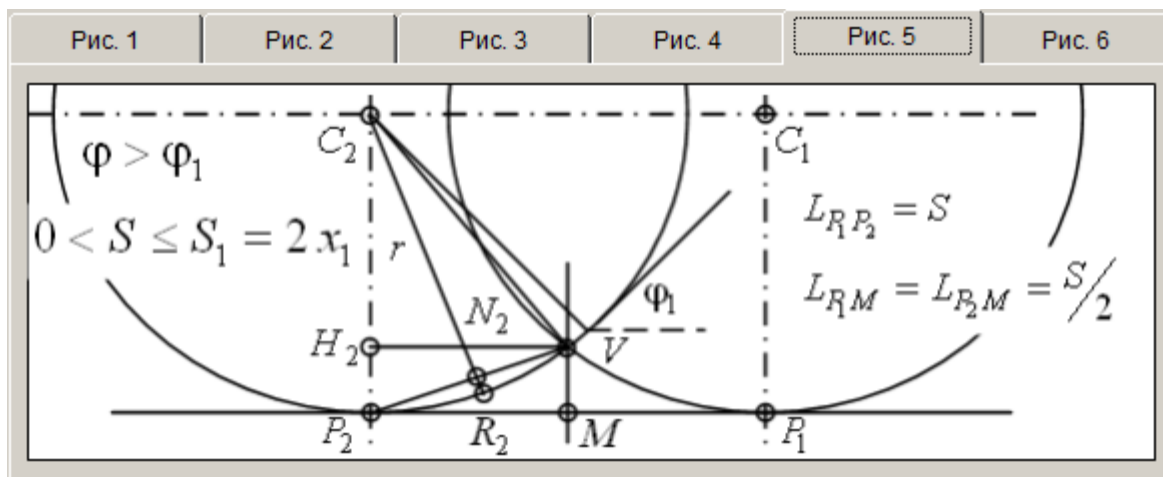
$L_{P2V0X} := \sqrt{(nS0/2)^2 + R_z0^2};$

$$L_{P2V} := \frac{1}{2} \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4nR^2 - nS^2} \right)^2}$$

$$pL_{P2V} := (nR, nS) \rightarrow \frac{1}{2} \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4nR^2 - nS^2} \right)^2}$$

$$L_{P2V0} := 0.03003766503$$

$$L_{P2V0X} := 0.03003766503$$



Половина центрального угла кругового сектора

$$\text{Alpha} = \arcsin((L_P2V/2)) / r$$

```
> Alpha := arcsin((L_P2V/2) / nR);
pAlpha := makeproc(Alpha, nR, nS);
Alpha0 := evalf(pAlpha(nR0, nS0));
Alpha0X := arcsin((L_P2V0X/2) / nR0);
```

$$A := \arcsin\left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4\left(nR - \frac{1}{2}\sqrt{4nR^2 - nS^2}\right)^2}}{nR}\right)$$

$$pAlpha := (nR, nS) \rightarrow \arcsin\left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4\left(nR - \frac{1}{2}\sqrt{4nR^2 - nS^2}\right)^2}}{nR}\right)$$

$$A0 := 0.05008371057$$

$$Alpha0X := 0.05008371057$$

Площадь кругового сектора, мм²

$$F_C2VR2P2C2 = nR^2 * 2 * \text{Alpha} / 2 = nR^2 * \text{Alpha}$$

```
> F_C2VR2P2C2 := nR^2 * Alpha;
pF_C2VR2P2C2 := makeproc(F_C2VR2P2C2, nR, nS);
F_C2VR2P2C20 := evalf(pF_C2VR2P2C2(nR0, nS0));
F_C2VR2P2C20X := nR0^2 * Alpha0X;
```

$$F_C2VR2P2C2 := nR^2 \arcsin\left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4\left(nR - \frac{1}{2}\sqrt{4nR^2 - nS^2}\right)^2}}{nR}\right)$$

$$pF_C2VR2P2C2 := (nR, nS) \rightarrow nR^2 \arcsin\left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4\left(nR - \frac{1}{2}\sqrt{4nR^2 - nS^2}\right)^2}}{nR}\right)$$

$$F_C2VR2P2C20 := 0.004507533951$$

$$F_C2VR2P2C20X := 0.004507533951$$

Площадь треугольника, вписанного в круговой сектор, мм²

$$F_C2VP2 = nR^2 * \sin(\text{Alpha}) * \cos(\text{Alpha})$$

```
> F_C2VP2 := nR^2 * sin(Alpha) * cos(Alpha);
pF_C2VP2 := makeproc(F_C2VP2, nR, nS);
F_C2VP20 := evalf(pF_C2VP2(nR0, nS0));
F_C2VP20X := nR0^2 * sin(Alpha0X) * cos(Alpha0X);
F_C2VP2 := 1/16
```

$$nR \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}}$$

$$pF_C2VP2 := (nR, nS) \rightarrow \frac{1}{16}$$

$$nR \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}}$$

$$F_C2VP20 := 0.004500000000$$

$$F_C2VP20X := 0.004499999999$$

$F_P2VR2P2 = F_C2VR2P2C2 - F_C2VP2$, где $F_C2VR2P2C2$ - площадь кругового сектора; F_C2VP2 - площадь прямоугольника, вписанного в круговой сектор

```
> F_P2VR2P2 := F_C2VR2P2C2 - F_C2VP2;
pF_P2VR2P2 := makeproc(F_P2VR2P2, nR, nS);
F_P2VR2P20 := evalf(pF_P2VR2P2(nR0, nS0));
F_P2VR2P20X := F_C2VR2P2C20X - F_C2VP20X;
```

$$F_P2VR2P2 := nR^2 \arcsin \left(\frac{1}{4} \sqrt{\frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR}} \right) - \frac{1}{16}$$

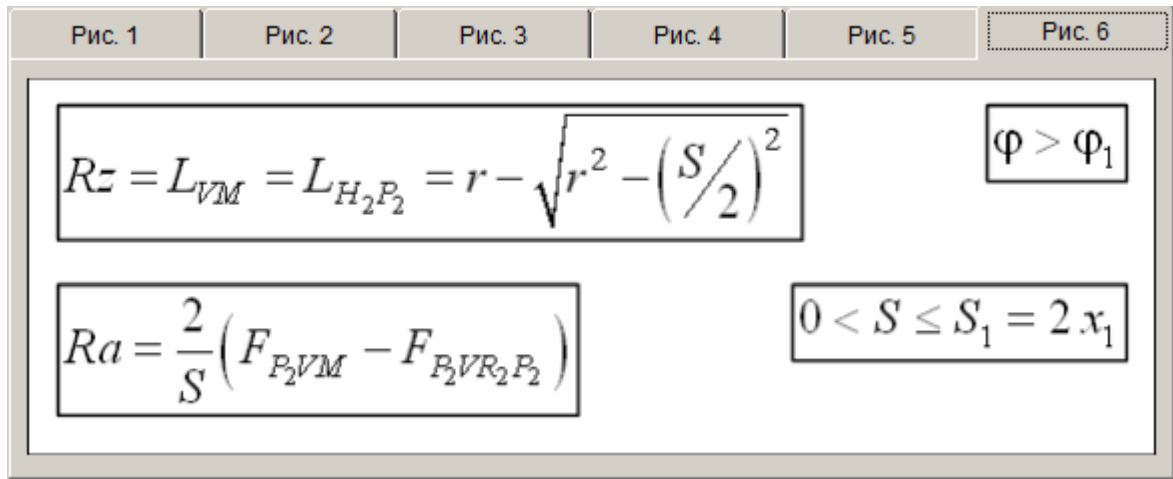
$$nR \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}}$$

$$pF_P2VR2P2 := (nR, nS) \rightarrow nR^2 \arcsin \left(\frac{1}{4} \sqrt{\frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR}} \right) - \frac{1}{16}$$

$$nR \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}}$$

$$F_P2VR2P20 := 0.7533951 \cdot 10^{-5}$$

$$F_P2VR2P20X := 0.7533952 \cdot 10^{-5}$$



```
> Ra := 2 * (F_P2VM - F_P2VR2P2) / nS;
pRa := makeproc(Ra, nR, nS);
Ra0 := evalf(pRa(nR0, nS0));
Ra0X := 2 * (F_P2VM0X - F_P2VR2P20X) / nS0;
Ra0Xmkm := 1000*Ra0X; # Test Ok
```

$$Ra := 2 \left(\frac{1}{4} nS \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right) - nR^2 \arcsin \left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}}{nR} \right) + \frac{1}{16} nR \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}} \right) / nS$$

$$pRa := (nR, nS) \rightarrow 2 \left(\frac{1}{4} nS \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right) - nR^2 \arcsin \left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}}{nR} \right) + \frac{1}{16} nR \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}} \right) / nS$$

$$Ra0 := 0.0005007527000$$

$$Ra0X := 0.0005007527166$$

$$Ra0Xmkm := 0.5007527166$$

```
> KRza := Rz/Ra;
pKRza := makeproc(KRza, nR, nS);
```

KRza0 := evalf(pKRza(nR0,nS0));

KRza0X := Rz0X/Ra0X; # Test Ok

$$KRza := \frac{1}{2} \left(\left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right) nS \right) / \left(\frac{1}{4} nS \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right) \right. \\ \left. - nR^2 \arcsin \left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}}{nR} \right) + \frac{1}{16} nR \right. \\ \left. \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}} \right)$$

$$pKRza := (nR, nS) \rightarrow \frac{1}{2} \left(\left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right) nS \right) / \left(\frac{1}{4} nS \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right) \right. \\ \left. - nR^2 \arcsin \left(\frac{1}{4} \frac{\sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}}{nR} \right) + \frac{1}{16} nR \right. \\ \left. \sqrt{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2} \sqrt{16 - \frac{nS^2 + 4 \left(nR - \frac{1}{2} \sqrt{4 nR^2 - nS^2} \right)^2}{nR^2}} \right)$$

KRza0 := 3.003016857

KRza0X := 3.003016959

Лабораторная работа № 5

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДУЕМОГО ПРИЗНАКА

Цель работы: изучить общие принципы и особенности статистической обработки исследуемых признаков, определить статистические характеристики заданной выборки.

Экранная форма контрольного задания представлена на рис. 5.1.

Национальная	ECTS	100-бальная
Отлично	A	90 - 100
Хорошо	B	82 - 89
	C	75 - 81
Удовлетворительно	D	64 - 74
	E	60 - 63
Неудовлетворительно	Fx	35 - 59
	F	1 - 34

* Для работы необходимо:
1. Выбрать -> Учебный курс
2. Выбрать -> Контрольное задание (или контрольные вопросы)
3. Выбрать -> Группу (академическую). Образец -> Test. Общая резервная группа -> Rez-##.
4. Выбрать -> Вариант (ФИО Студента)
5. Запустить контрольное задание -> [Запуск Контрольного Задания]

* При возникновении проблемы с шириной полей -> выполнить их настройку -> [Настройка Ширины Полей]

Рисунок 5.1 – Учебный курс и контрольное задание

Исходные данные и результаты расчетов представлены на рис. 5.2.

Неправильные результаты будут выделены красным цветом.

При выполнении работы использовать следующую литературу:

Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных. Справочное изд. — М.: Финансы и статистика, 1983. — 471 с.

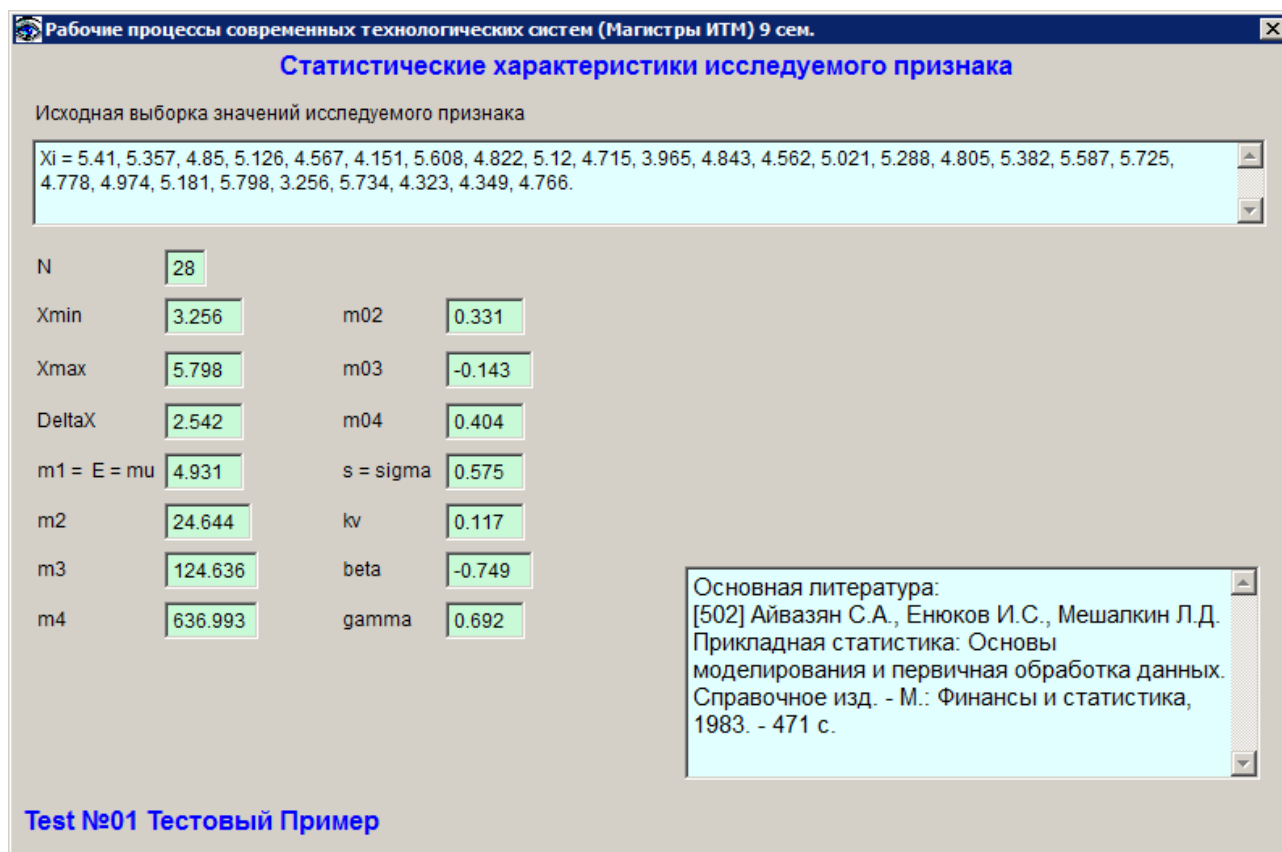


Рисунок 5.2 – Исходные данные и результаты расчетов

Пример расчетов в математическом пакете Maple

Статистические характеристики исследуемого признака

> **restart:**

Дополнительные библиотеки

> **with(stats);**

[anova, describe, fit, importdata, random, statevalf, statplots, transform]

> **with(stats[statplots]);**

[*boxplot, histogram, scatterplot, xscale, xshift, xyexchange, xzexchange, yscale, yshift, yzexchange, zscale, zshift*]

> **with(plots) ;**

Warning, the name *changecoords* has been redefined

[*animate, animate3d, animatecurve, changecoords, complexplot, complexplot3d, conformal, contourplot, contourplot3d, coordplot, coordplot3d, cylinderplot, densityplot, display, display3d, fieldplot, fieldplot3d, gradplot, gradplot3d, implicitplot, implicitplot3d, inequal, listcontplot, listcontplot3d, listdensityplot, listplot, listplot3d, loglogplot, logplot, matrixplot, odeplot, pareto, pointplot, pointplot3d, polarplot, polygonplot, polygonplot3d, polyhedra_supported, polyhedraplot, replot, rootlocus, semilogplot, setoptions, setoptions3d, spacecurve, sparsematrixplot, sphereplot, surfdata, textplot, textplot3d, tubeplot*]

Дана исходная выборка значений исследуемого признака x_i , мм:

(Test 01: 5.41, 5.357, 4.85, 5.126, 4.567, 4.151, 5.608, 4.822, 5.12, 4.715, 3.965, 4.843, 4.562, 5.021, 5.288, 4.805, 5.382, 5.587, 5.725, 4.778, 4.974, 5.181, 5.798, 3.256, 5.734, 4.323, 4.349, 4.766)

> **ListXi := [5.41, 5.357, 4.85, 5.126, 4.567, 4.151, 5.608, 4.822, 5.12, 4.715, 3.965, 4.843, 4.562, 5.021, 5.288, 4.805, 5.382, 5.587, 5.725, 4.778, 4.974, 5.181, 5.798, 3.256, 5.734, 4.323, 4.349, 4.766];**

Необходимо определить следующие статистические характеристики исследуемого признака X:

Объем выборки N (28) && Test Ok

> **NopsListXi := nops(ListXi);**
NopsListXi := 28

Минимальное выборочное значение исследуемого признака X_{\min} (3.256) && Test Ok

> **ListXiSort := sort(ListXi);**
Xmin := ListXiSort[1];
ListXiSort := [3.256, 3.965, 4.151, 4.323, 4.349, 4.562, 4.567, 4.715, 4.766, 4.778, 4.805, 4.822, 4.843, 4.85, 4.974, 5.021, 5.12, 5.126, 5.181, 5.288, 5.357, 5.382, 5.41, 5.587, 5.608, 5.725, 5.734, 5.798]

Xmin := 3.256

Максимальное выборочное значение исследуемого признака X_{\max} (5.798) && Test Ok

> **Xmax := ListXiSort[NopsListXi];**

$X_{max} := 5.798$

Размах DeltaX [\(2.542\) && Test Ok](#)

> **DeltaX** := **Xmax** - **Xmin**;

$\Delta X := 2.542$

Выборочное среднеарифметическое значение (начальный момент 1-го порядка) $E = m_1 = \mu$ [\(4.931\) && Test Ok](#)

> **m1** := **describe**[**moment**[1]] (**ListXi**) ; **E** := **m1** : **mu** := **m1** :

$m_1 := 4.930821429$

Начальный момент 2-го порядка m_2 [\(24.644\) && Test Ok](#)

> **m2** := **describe**[**moment**[2]] (**ListXi**) ;

$m_2 := 24.64396918$

Начальный момент 3-го порядка m_3 [\(124.636\) && Test Ok](#)

> **m3** := **describe**[**moment**[3]] (**ListXi**) ;

$m_3 := 124.6362055$

Начальный момент 4-го порядка m_4 [\(636.993\) && Test Ok](#)

> **m4** := **describe**[**moment**[4]] (**ListXi**) ;

$m_4 := 636.9929089$

Дисперсия (центральный момент 2-го порядка) $D = m_{02} = f(m_1, m_2)$ [\(0.331\) && Test Ok](#)

> **m02** := **m2** - **m1**² ; **Dx** := **m02** :

$m_{02} := 0.33096922$

Центральный момент 3-го порядка $m_{03} = f(m_1, m_2, m_3)$ [\(-0.143\) && Test Ok](#)

> **m03** := **m3** - **3*****m1*****m2** + **2*****m1**³ ;

$m_{03} := -0.1427060$

Центральный момент 4-го порядка $m_{04} = f(m_1, m_2, m_3, m_4)$ [\(0.404\) && Test Ok](#)

> **m04** := **m4** - **4*****m1*****m3** + **6***(**m1**²)***m2** - **3*****m1**⁴ ;

$m_{04} := 0.404445$

Выборочное среднеквадратическое отклонение $s = \sigma = f(D)$ [\(0.575\) && Test Ok](#)

> **s** := **sqrt**(**Dx**) ; **sigma** := **s** :

$s := 0.5752992439$

Коэффициент вариации $k_v = f(s, E)$ [\(0.117\) && Test Ok](#)

> **kv** := **s**/**E** ;

$kv := 0.1166741185$

Коэффициент асимметрии $\beta = f(m03, m02)$ [\(-0.749\) && Test Ok](#)

> **beta** := $m03 / (m02^{(3/2)})$;

$\beta := -0.7494813381$

Коэффициент эксцесса $\gamma = f(m04, m02)$ [\(0.692\) && Test Ok](#)

> **gamma_** := $(m04 / (m02^2)) - 3$;

$\gamma := 0.692191837$

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	2
Лабораторная работа № 1 Технологическое время изготовления изделий лазерной стереолитографией	4
Пример расчетов в математическом пакете Maple	5
Лабораторная работа № 2 Классификационные группы и признаки RP-технологий	13
Лабораторная работа № 3 Количество алмазов в алмазоносном слое инструмента	17
Пример расчетов в математическом пакете Maple	18
Лабораторная работа № 4 Шероховатость обработанной поверхности	22
Пример расчетов в математическом пакете Maple	26
Лабораторная работа № 5 Статистические характеристики исследуемого признака	37
Пример расчетов в математическом пакете Maple	38